

AALTO-YLIOPISTO
Insinööritieteiden korkeakoulu
Koneenrakennustekniikan laitos

Timo Laaksonen

CAD-rakenteen visualisointi suunnittelupäätöksiin

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytetyönä tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Tuusula 18.4.2011

Työn valvoja: Professori Kalevi Ekman

Työn ohjaaja: Diplomi-insinööri Petri Surakka

AALTO-YLIOPISTO PL 11000, 00076 Aalto http://www.aalto.fi		DIPLOMITYÖN TIIVISTELMÄ	
Tekijä: Timo Laaksonen			
Työn nimi: CAD-rakenteen visualisointi suunnittelupäätöksiin			
Korkeakoulu: Insinööritieteiden korkeakoulu			
Laitos: Koneenrakennustekniikan laitos			
Professuuri: Koneensuunnitteluoppi		Koodi: Kon-41	
Työn valvoja: Professori Kalevi Ekman Työn ohjaaja: Diplomi-insinööri Petri Surakka			
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Tässä diplomityössä tutkitaan, kuinka SolidWorks 3D-CAD mallin sisältämä tieto voidaan esittää ohjelman ulkopuolisena koosteraporttina. Koosteraportin tuottamiseksi luodaan ohjelma, jolla CAD-käyttäjä tuottaa raportin. Koosteraporttiin kerätään mallin meta-data ja meta-datasta jalostettua tietoa. Koosteraportin ensisijaisena tarkoituksena on toimia tiedonvälittäjänä suunnittelusta tuotteesta yrityksen muille osastoille.</p> <p>Raportointityökalun tarpeellisuuden selvittämiseksi toteutettiin asiakashaastattelu. Haastattelun tulosten perusteella määritettiin koosteraportin sisältö.</p> <p>Koosteraportin prototyyppiä arvioitiin pilottiyrityksissä. Käyttäjien antamien kommenttien perusteella laadittiin jatkosuunnitelma raportin laadun parantamiseksi ja ohjelman tuotteistamiseksi.</p> <p>Asiakashaastattelun ja pilotoinnin perusteella todettiin, että koosteraportille on kysyntää suomalaisissa pienyrityksissä. Raporttiin koostetut tiedot tuotesuunnitelmasta antavat hyvän lähtökohdan suunnitteluosaston keskusteluille yrityksen sisäisten ja ulkoisten sidosryhmien kanssa.</p>			
Päivämäärä: 18.4.2011		Kieli: Suomi	
		Sivumäärä: 66+17	
Avainsanat: CAD-malli, meta-data, rakenne, tuotannon suunnittelu			

AALTO UNIVERSITY PO Box 11000, FI-00076 AALTO http://www.aalto.fi		ABSTRACT OF THE MASTER'S THESIS	
Author: Timo Laaksonen			
Title: CAD-model visualization for design decision			
School: School of Engineering			
Department: Department of Engineering Design and Production			
Professorship: Machine Design		Code: Kon-41	
Supervisor: Professor Kalevi Ekman			
Instructor: Petri Surakka M.Sc. (Tech.)			
<p>Abstract:</p> <p>The purpose for this work is to study the possibilities of producing a report from the metadata that is read from SolidWorks 3D-CAD model. The report displays the data and the processed data to the reader. The primary purpose for the report is to act as a channel of information from design department to company's other departments.</p> <p>The need for the reporting tool was determined by a customer interview. The main structure of the report is a result of the interview. CAD-models structure and component information was processed and split to the subcategories like: sub-assemblies, components to buy, components to manufacture, materials, blanks and fastening components. Meta-data collection is done with SolidWorks add-in CustomWorks - program.</p> <p>Report quality and extent was evaluated by CAD-users from various companies. User's overall comments were positive about the content of the report. They also suggested some enhancements to the report.</p> <p>Customer interview and piloting showed that there is a demand for this type of reporting tool among the Finnish companies. As the report sums the information from the CAD-model, it gives a good starting point for discussion between the company's design department and stakeholders (internal and external).</p>			
Date: 18.4.2011		Language: Finnish	
		Number of pages: 66+17	
Keywords: CAD-model, meta-data, structure, manufacture planning			

Alkulause

Tämä diplomityö on tehty Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulun konetekniikan osastolle. Työn toteutus on tehty osana tuotekehitysprojektia CadWorks Oy:ssä.

Tahdon kiittää rakasta vaimoani Sailaa saamastani tuesta ja kannustuksesta. Kiitos lapset, Samuel, Elise ja ”Elvis”, kun ymmärsitte aamuisin välillä niin väsynyttä isiä. Kiitokset myös CadWorks Oy:n henkilökunnalle teknisestä tuesta.

Tuusula, 18.4.2011

Timo Laaksonen

Sisältö:

1. Johdanto.....	7
2. Työn taustaa.....	8
2.1 Suunnitelman arviointi sisäisesti ja ulkoisesti.....	8
2.2 Tuotevaatimusten täyttäminen	10
2.3 Historian painolasti suunnittelussa.....	10
2.4 Kustannuslaskenta.....	11
2.5 Epävarmuuksien havaitseminen.....	12
3. Tuotekehityksen tavoitteet.....	13
3.1 Suunnittelupäätösten syntyminen.....	15
4. Tuotekehitystä ohjaavat tekijät.....	17
4.1 Tuotantoprosessit	18
4.2 Tuotteen elinkaarensuunnittelu	20
5. CAD-mallin sisältämä informaatio.....	24
6. Koosteraportin kilpailevat ohjelmat	26
6.1 SolidWorks Assembly Visualization	26
6.2 Treehouse 2.1	28
6.3 SolidWorks Sustainability.....	30
6.4 Microest DFMPRO	33
6.5 ToolWorks BOM Manager	36
6.6 TOCOMAN - TCM Pro	36
6.7 Yhteenveto kilpailijoista	37
7. Asiakashaastattelu	38
7.1 Tuotekehityshenkilöstö	38
7.2 Projektimäärät	39
7.3 Kokoukset sidoryhmien kanssa.....	40
7.4 Tuoteominaisuuksien painoarvot	42
7.5 Haastateltavan mielipide asiakkaan tarpeista.....	44
7.6 Myynnin näkökulma	45
7.7 Haastattelun yhteenveto	45
8. Tuotesuunnitelmaraporttityökalun määrittely	47
8.1 Työkalun toimintaperiaate	47

8.2	Koosteraporttiohjelman käyttöliittymä	48
8.3	Koosteraportin sisältö.....	49
8.4	Koosteraportin pilotointi referenssiasiakkailla	58
8.5	Koosteraportin jatkokehitys	60
9.	Tulokset	63
10.	Yhteenveto	64
	Lähteet	65

LIITTEET:

LIITE1- Esimerkkikokoonpanon Raportti. 5s

LIITE2 - Esimerkkimallin pääkokoonpanopiirustus. 1s

LIITE3 - Esimerkkimallin alikokoonpanopiirustus. 1s

LIITE4 - CustomWorks ohjelma esite. 4s.

LIITE 5 - Asiakashaastattelun tulokset 3s.

1. Johdanto

Jokaisella yrityksellä on tavoitteena tuottaa tuotteita, joiden myynnistä saadaan mahdollisimman suurta voittoa. Tämän saavuttamiseksi on tuotekehitysosaston tehtävä mahdollisimman hyvä suunnitelma tuotteesta. Suunnitellun tuotteen ominaisuuksia arvioidaan monelta taholta, sekä yrityksen sisällä että sen ulkopuolella. Suunnitellun tuotteen arviointi on haastava, monitahoinen operaatio. Tämän operaation helpottamiseen selvitän tässä diplomityössä mahdollisuutta koodata ohjelma, joka tuottaa automaattisesti koosteraportin, jonka avulla arviointi olisi helpompaa.

Valitettavasti tuotesuunnitelman ominaisuuksien vertaamiseen ei ole olemassa vakioitunutta standardia. Tuotteen arviointi tehdään suhteessa yrityksen omiin tuotteisiin, kilpailijoiden tuotteisiin ja suunnitelman aikaisempiin variaatioihin. Jokaisella yrityksellä on oma prosessinsa, jolla arvioidaan kuinka hyvä suunnitelma nyt on ja että onko vielä käytettävissä olevilla resursseilla mahdollista parantaa tuotetta.

Yrityksen sisäisessä arvioinnissa käytetään kaikkea saatavilla olevaa materiaalia, kuten työpiirustuksia, prototyyppejä, visualisointikuvia, osaluetteloita ja valokuvia. Ulkoisten sidosryhmien kanssa arviointi perustuu ensisijaisesti suunnitelmasta tehtyihin piirustuksiin ja visualisointeja. Tyypillisesti näiden käytettävissä olevien tietolähteiden osalta on selvästi havaittavissa, että tieto kokonaisuudesta pirstoutuu pieniin palasiin, joiden yhdistäminen saattaa joskus olla hyvinkin hankalaa. Tästä pirstoutumisesta hyvänä esimerkkinä voidaan pitää kysymystä: Paljonko S235 materiaali tarvitaan kokoonpanon valmistamiseen? Kun tuotteen kokoonpano muodostuu 40 komponentista, joiden materiaalitietoa löytyy neljästä alipiirustuksen osaluettelosta, niin kokonaismateriaalimäärän laskemiseen täytyy tutkia vähintään neljä paperia ja laskea yhteen jopa 40 rivitietoa.

Tämän diplomityön tarkoituksena on selvittää mahdollisuutta tuottaa kooste, raportti, suunnitelman sisältämästä tiedosta. Tämän koosteraportin sisältö kerätään SolidWorks 3D-CAD ohjelmassa luodun tuotesuunnitelman tietorakenteesta. (Dassault Systèmes SolidWorks Corp.). SolidWorks on Suomessa laajasti käytetty 3D-CAD ohjelma (CAD/CAM-yhdistys ry, 2010). SolidWorks 3D-CAD ohjelmaa käytetään sekä konseptisuunnitteluun, että lopulliseen tuotesuunnitteluun. Tavoitteena 3D-CAD mallinnuksessa on tuottaa täydellinen malli, virtuaalinen prototyyppi, suunniteltavasta tuotteesta. 3D-CAD rakenteesta voidaan lukea tuoterakenne ja meta-dataa, joka kuvaa tuotteessa olevien osien tuote- ja materiaalitietoa.

CAD-rakenne ja meta-tietojen siirtäminen raporttiin tapahtuu ohjelmallisesti. Tässä operaatiossa käytetään lähtökohtana CadWorksSoftware Oy:n julkaisemaa CustomWorks -ohjelmaa ja sen ominaisuutta, jolla CAD-rakenteen käsittely on mahdollista (LIITE 4).

2. Työn taustaa

2.1 Suunnitelman arviointi sisäisesti ja ulkoisesti

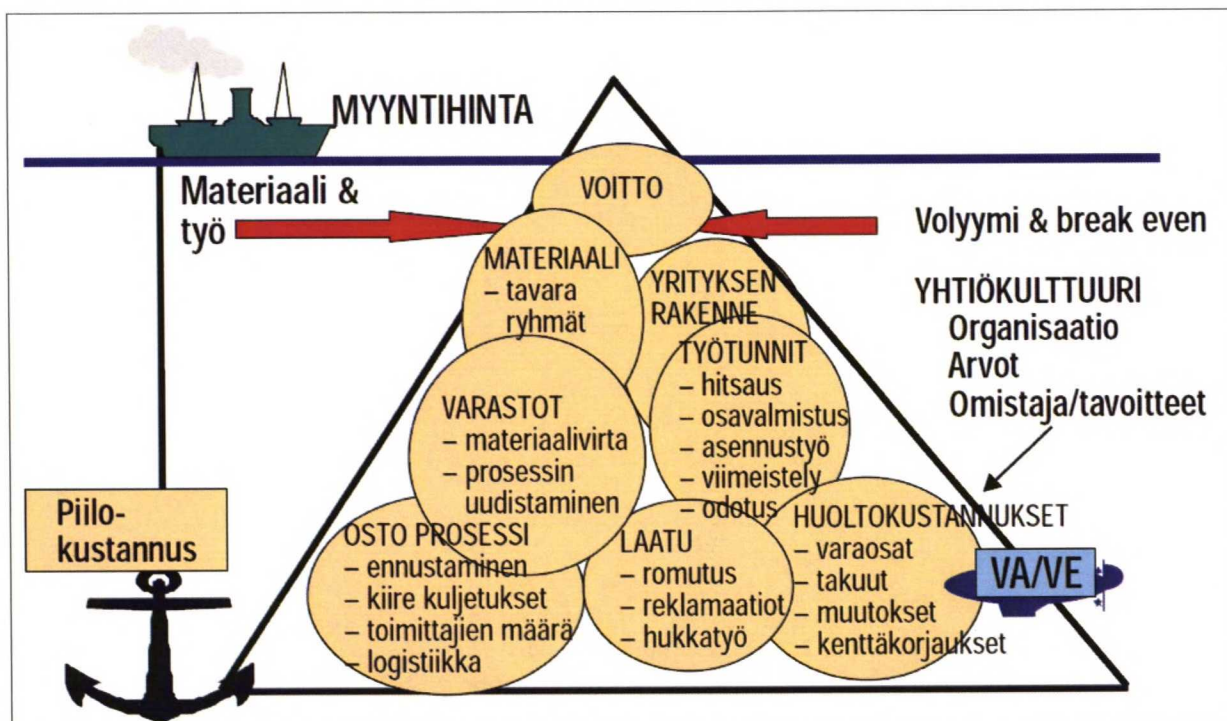
Tuotesuunnitelman arviointi alkaa vaatimuslistan ominaisuuksien arvioinnilla. Vaatimuslistalla määritetään tuotteen ominaisuudet ja suoritusarvot, joihin suunnittelussa pyritään. Vaatimuslistalla olevat kohdat ovat kyllä/ei- tai lukuarvo - tyyppisiä vaatimuksia. Suunnittelun edetessä tieto tuotteesta tarkentuu ja suunnitelma saavuttaa tason, jossa vaatimuslistan ominaisuudet täyttyvät. Tämän jälkeen tuotteen suunnittelua jatketaan valmistettavuuden ja muiden kustannusvaikutuksien osalta. Nyt saavutetaan tilanne, jossa ei tyypillisesti ole enää selviä mittareita joilla voisi verrata seuraavia suunnitelmia keskenään (Usher;Roy;& Parsaei, 1998, s. 342).

Myös yrityksen sisällä jokaisella osastolla on omat yleiset vaatimuslistat, joita harvoin suoraan lisätään tuotesuunnittelun ensisijaiselle vaatimuslistalle. Näitä ovat esimerkiksi käytettävissä olevat materiaalityypit ja työstökoneet. Ne ovat yrityksen sisäisen prosessin hiljaista tietoa, jonka välittyminen suunnitteluosastolle on ensisijaista.

Yrityksen sisällä olisi siis tarvetta työkalulle, joka antaisi mahdollisuuden verrata suunnitteluprosessin loppuvaiheessa tuotesuunnitelmalle tehtävän hienosäädön vaikutusta tuotteen ominaisuuksiin, kuten esimerkiksi materiaalityypeseen ja komponenttimäärään. Voidaankin asettaa kysymys, että onko muutos ollut positiivinen kokonaisuuden kannalta? Tässä tapauksessa kokonaisuus kattaa yrityksen kaikki toiminnot, jotka vaikuttavat lopullisen tuotteen ominaisuuksiin. Monesti on havaittu, että suunnitteluprosessin aikana on jokin ominaisuus/asias unohtunut lisätä tai poistaa, ja tämä virhe havaitaan vasta kun tuote on jo valmistusvaiheessa. Tällöin on tyypillisesti jo liian myöhäistä korjata suunnitelma (Lahden Ammattikorkeakoulu, 2008, s. 186).

Tuotesuunnittelun kommunikoinnissa ulkoisiin sidosryhmiin on yrityskohtaisesti hyvin paljon eroja riippuen ensisijaisesti asiakassuhteesta (asiakassuhteen kestosta ja laadusta). Kuitenkin on niin, että mitä enemmän oikeanlaista tietoa pystytään viestittämään asiakkaalle, sitä enemmän asiakkaan luottamus suunniteltavaan tuotteeseen ja suunnittelevaan organisaatioon kasvaa.

Kuten TEKES -raportissa keskiraskaan ja raskaan konepajatuotannon kohdalla on todettu, kustannuspuolella kokonaisuuden havaitseminen on haastavaa (Kuva 1). Haastavaa kokonaisuuden kannalta on se, että kustannukset jotka suunnittelu tuntee tarkkaan, ovat vain murto-osa lopullisista kokonaiskustannuksista. Tämä tekee tuotteen lopullisen katteen määrittelystä suunnitteluvaiheessa vaikeaa (TEKES, 2001).



Kuva 1. Tuotteen kokonaiskustannuksien näkeminen on haastavaa. (TEKES, 2001).

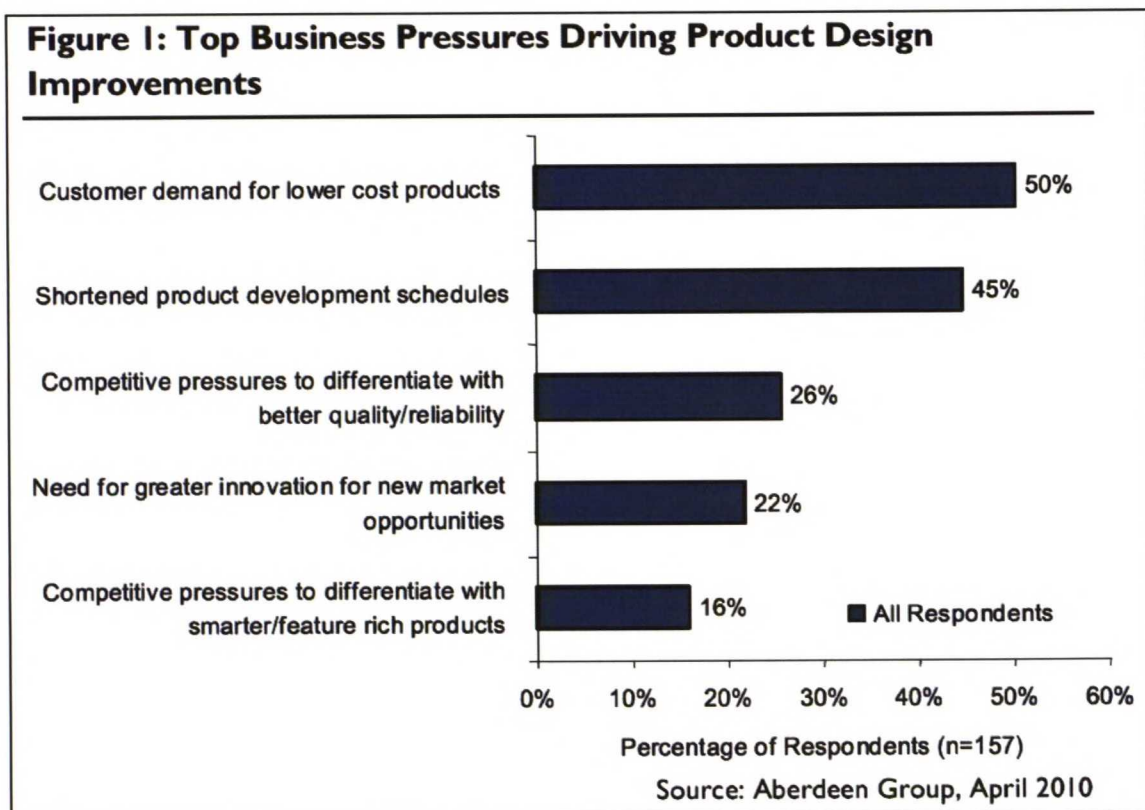
Tyypillisen tuotteen elinkaareissa kustannukset määräytyvät 80 - 90 -prosenttisesti suunnitteluvaiheessa. Tästä syystä olisikin siis ensiarvoisen tärkeää, että suunnitteluvaiheessa pystyttäisiin kattavasti näkemään kuinka suunnittelupäätökset vaikuttavat loppukustannuksiin. Näin pystyttäisiin hyvin aikaisessa vaiheessa eliminoimaan suurimmat riskit jotka kustannuksiin liittyvät. Kuten kuva 2 kertoo, niin pienellä investoinnilla tuotteen elinkaaren alkuvaiheessa määritellään valtaosa tuotteen kustannuksista (Rosti, 2009).

toiminto	toiminnon kustannusosuus %	vaikutusmahdollisuus kustannuksiin %
tuotekehitys	5	70
materiaali	50	20
valmistus, työ	20	5
hallinto, yleiskulut	25	5

Kuva 2. Tuotteen kustannusrakenne osa-alueittain (Lahden Ammattikorkeakoulu, 2008, s. 27).

2.2 Tuotevaatimuksien täyttäminen

Tuotekehitysprojektilla on useita vaatimuksia, jotka täytyy yrittää täyttää suunnitteluprosessin aikana. Kuitenkin monet näistä ovat ristiriitaisia vaatimuksia, kuten esimerkiksi keveys ja jäykkyys. Aberdeen Groupin tutkimus huhtikuussa 2010 (Kuva 3) selvitti erilaisten vaatimusten yleisyyttä haastateltujen keskuudessa. Näiden ristiriitaisten osa-alueiden havainnointi kokonaisuutena on hyvin haastavaa. Monella yrityksellä olisi varmasti tarvetta parantaa sisäistä läpinäkyvyyttä omassa prosessissaan, jotta eri osastojen tarpeet osattaisiin huomioida paremmin (Boucher, 2010).



Kuva 3. Yritystason paineita, jotka pakottavat suunnittelemaan parempia tuotteita (Boucher, 2010).

2.3 Historian painolasti suunnittelussa

Yrityksellä, joka on toiminut usean vuoden ajan ja jonka tuotekehitysosasto on tuottanut lukuisia suunnitelmia, on vaarana ajautua tilanteeseen, jossa suunnitelmat tehdään kopioimalla vanhaa suunnitelmaa. Tällöin luotetaan "näin on aina ennenkin tehty" -periaatteeseen. Tämän periaatteen hyvänä puolena voidaan todeta, että jo kertaalleen suunniteltua, toimivaksi havaittua, tietotaitoa hyödynnetään uudestaan. Tämä mahdollistaa toimintatavan, jolla pystytään tuottamaan nopeasti uusia suunnitelmia. "Näin on aina tehty" -toimintatavassa kuitenkin ajaudutaan helposti umpikujaan, jossa ei uskalleta tutkia uusia ratkaisuja (Sulava Oy (Jari Kotola), 2011).

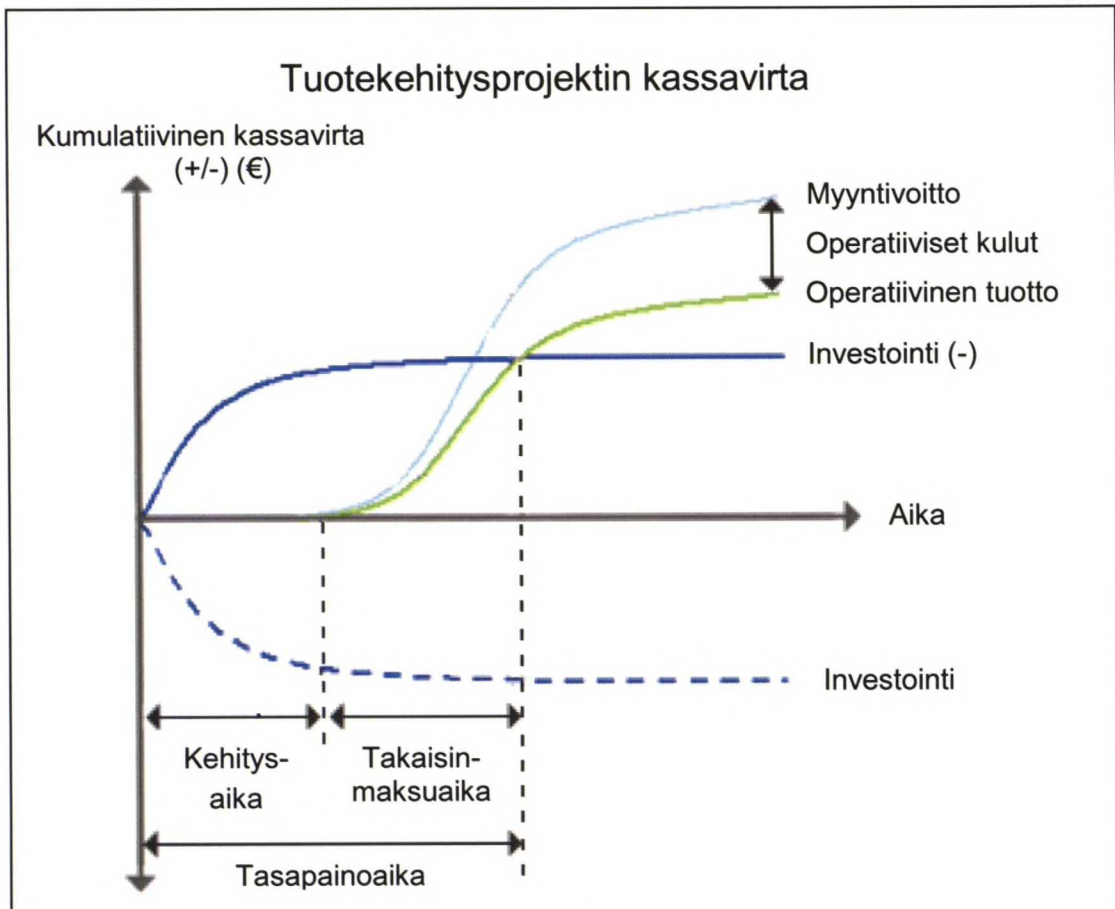
Kysymys kuuluukin, että jos olisi mahdollista tarjota jotakin tietoa, josta kaikki tuotekehitykseen osallistuvat voisivat nähdä ja arvioida suunnitelman hyvyttä, niin olisiko tällä vaikutusta siihen, että tuotekehitys lähtisi uskaliaammin testaamaan uusia ideoita ja lähestymään haastetta joskus aivan uudesta näkökulmasta? Suunnitelmaan olisi mahdollista tehdä radikaalejakin muutoksia hyvin nopeasti: muun muassa osakokonaisuuksia voitaisiin korvata toisilla, materiaalivalintoja muuttaa ja valmistusaihioita vaihtaa. Muutoksien jälkeen suunnitelma on oleellista nähdä kokonaisuutena. Kun kokonaisuuden hahmottaa paremmin niin päätelmä muutoksen positiivisesta tai negatiivisesta vaikutuksesta voidaan muodostaa helpommin ja tarkemmin (Petri Huhtala, Antti Pulkkinen, 2009, s. 164).

2.4 Kustannuslaskenta

Mikä vaikutus suunnitelman muutoksilla on sitten lopullisiin kokonaiskustannuksiin? Kysymykseen vastaaminen on hyvin vaikeaa, koska kokonaiskustannusten muodostumiseen vaikuttaa loppupelissä hyvin monet muuttujat. Esimerkiksi käytettävien materiaalien hinta saattaa muuttua hyvinkin nopeasti riippuen maailmalla vallitsevasta markkinatilanteesta (Stewart, 1991).

Kun suunniteltavan kohteen kustannusarvio kasvaa suhteessa yrityksen liikevaihtoon, niin myös yksittäisen tuotekehitysprojehtin paine tuottaa voittoa yritykselle kasvaa. Varsinkin yritykset joiden liikeideana on yksittäinen tuote, asettavat suuria paineita tuotteen kehittämislle. Yleisesti ottaen tuotteen kuin tuotteen on oltava asiakkaan mielestä haluttava sekä mahdollisimman edullinen valmistaa (Itä-Suomen Yliopisto, 2010).

Katsottaessa asiaa yrityksen kassavirran kannalta, tuotekehitys näyttää olevan merkittävä kuluerä. Tästä johtuen monessa yrityksessä tuntuukin olevan vallalla käsitys, että tuotekehitys ainoastaan kuluttaa yrityksen rahoja. Todellisuudessa vain hyvällä tuotekehityksellä voidaan saavuttaa lopputuloksena positiivinen kassavirta (Kuva 4) (Karl T. Uther, 2008, s. 311).



Kuva 4. Tuotekehitysprojektin kassavirta (Itä-Suomen Yliopisto, 2010).

2.5 Epävarmuuksien havaitseminen

Uuden tuotteen suunnittelun alkuvaiheessa, kun vaatimuslistaa lähdetään luomaan, on sen sisältämien epävarmuuksien määrä hyvin suuri. Tällöin ei pystytä ennustamaan kovinkaan hyvällä tarkkuudella mitä tuotteen valmistaminen tulee lopullisesti maksamaan tai pystytäänkö tuotetta edes suunnitellaan. Tuotekehitysprojektin edetessä tehdään päätöksiä, jotka vievät kohti valmista tuotetta ja siten samalla epävarmuuksien määrä pienenee. Tämä tarkoittaa toki samalla sitä, että myös ennuste tuotteen lopullisesta rakenteesta ja kustannuksista tarkentuu (U.S. Government Accountability Office (GAO), 2009).

Mikäli suunnitteluprosessin aikana pystyttäisiin havaitsemaan epävarmuudet paremmin (materiaalit / aihiot / kiinnitystavat / yms.), voitaisiin epävarmuuksien määrää todennäköisesti hallita paremmin. Näin myös yritysjohto pystyisi paremmin seuraamaan ja hallitsemaan tuotekehitysprojektin etenemistä (U.S. Government Accountability Office (GAO), 2009).

3. Tuotekehityksen tavoitteet

Tuotekehityksen tavoitteena on siis tuottaa suunnitelmia, jotka tyydyttävät useiden osapuolien tarpeita. Ensimmäisestään tuotteen on oltava sellainen, että se tuottaa rahaa yritykselle. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi on tarpeellista tutkia erilaisia osa-alueita, joiden yhdistelmänä tuotteen lopullinen "hyvyys" määräytyy (Karl T. Uther, 2008, s. 272).

Tuotteen on houkuteltava asiakas ostamaan. Tämä on kriittisin ehto, jonka täytyy täytyä jotta tuotteella on mahdollisuutta tuottaa kassavirtaa yritykselle. Kuitenkin myös markkinointi- ja myyntityötä täytyy tehdä, jotta tuote saadaan asiakkaan tietoisuuteen. Kun asiakas on ostopäätöksen tehnyt, niin vaaditaan vielä useita työaiheita jotta asiakas on tyytyväinen saamaansa tuotteeseen. Tuote pitää pystyä toimittamaan asiakkaalle ja sen tulee pystyä sille vaadittuihin suoritusarvoihin. Tuotteen käytön opettelu on oltava helppoa ja se pitää pystyä huoltamaan tarvittaessa. Kaikkien näiden toimintojen saavuttamiseksi tuotteen vaatimuslistalle kerätään ominaisuuksia, joiden ennakoidaan määrittävän tuotteesta asiakkaan kannalta haluttava. Tämä tarkoittaa sitä, että suunnittelu on tehtävä niin että nämä vaatimuslistan ominaisuudet täytyvät (Karl T. Uther, 2008, s. 145).

Projektin alussa tuotekehitysosasto laatii tuotteelle vaatimuslistan. Tämän listan kokoamiseen osallistuvat myös myynti- ja markkinointiosasto. Myynti- ja markkinointiosastojen tehtävänä on laajentaa vaatimuslistaa sellaisilla ominaisuuksilla, jotka he näkevät asiakkaille oleellisiksi. Vaatimuslistan laatimisen jälkeen alkaa varsinainen suunnittelutyö, jossa etsitään tuotteelle ratkaisumalleja ja keinoja toteuttaa vaatimuslistan ominaisuudet.

Tuotekehityksen aikana suunnitelma on altistettava eri sidosryhmien tutkittavaksi. Näin voidaan varmistaa, että jokainen sidosryhmä pystyy tarkistamaan tuotesuunnitelman ominaisuudet ja periaatteissa paljastamaan suunnitelmassa jo nyt olevat heikkoudet tai puutteet omalta näkökannaltaan. Valmistus tarkistaa tuotteen komponenttien valmistettavuutta ja huolto tarkistaa tuotteen huoltokohteiden sijaintia jne. Taulukkoon 1 on kerätty tyypillisimpiä vaatimuslistan ominaisuuksia, joita osastot pyrkivät tuomaan esille omalta osaltaan (Lahden Ammattikorkeakoulu, 2008).

Tuotekehityksen tehtävänä on huomioida kaikki vaatimuslistan ominaisuudet, jotka yrityksen sidosryhmät ovat keränneet. Mikäli kaikki vaatimuslistan tavoitteet täytetään, niin oletettavasti silloin syntyy hyvin menestyksenkäs tuote. Kuitenkin on normaalia, että jokin rajoittava tekijä estää tuotteen kaikkien vaatimuslistan ominaisuuksien toteuttamisen. Tyypillisin rajoite on raha; joko tuotekehitys itse alkaa maksaa liikaa tai tuotteen valmistuskustannus kasvaa liian suureksi. Tällöin takaisinmaksuajasta tulee liian pitkä eikä tuotteen suunnittelua enää kannata jatkaa. Toinen rajoittava tekijä on osaaminen tai oikeammin osaamisen puute; tuotekehityksellä on ratkaistavana jokin

sellainen ongelma jota nykyisellä osaamisella ei pystytä ratkaisemaan. Kolmantena rajoitteena tuotteen kehittämiseksi voi olla vaatimuslistalla oleva mahdoton vaatimus, esimerkiksi jokin fysiikanlakien vastainen vaatimus (Karl T. Uther, 2008, s. 6).

Taulukko 1. Yrityksen sidosryhmien tavoitteita tuotekehitysprojektille (Petri Huhtala, Antti Pulkkinen, 2009, s. 48).

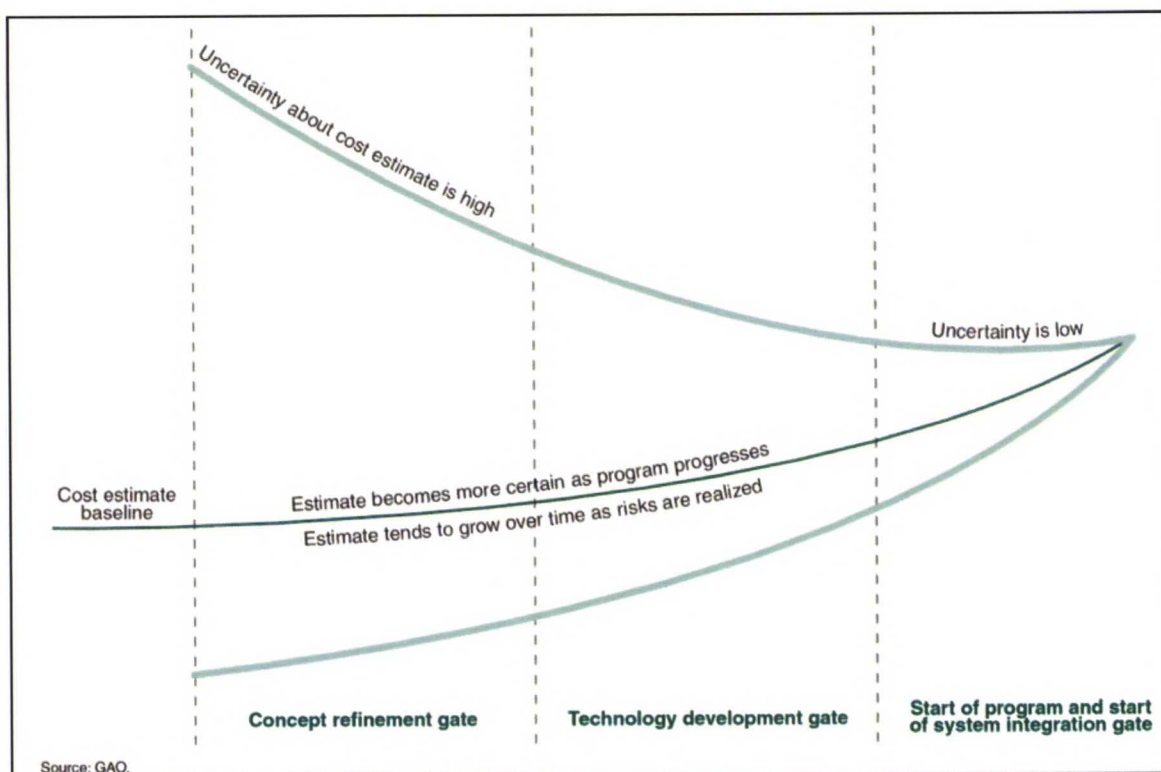
Osasto	Tavoitteet
Myynti	<ul style="list-style-type: none"> – Myynnin kasvu – Kilpailukykyisemmät tuotteet – Vertailu kilpailijoihin – Asiakastarpeiden viestittäminen
Valmistus	<ul style="list-style-type: none"> – Mahdollisimman helppoja ja halpoja komponentteja valmistaa – Kokoonpano-operaatiot vertikaalisia ja suoraviivaisia. – Moduulit yhteensopivia ja selvärajaisia. – Variaatioiden määrän vähentäminen
Huolto	<ul style="list-style-type: none"> – Huolto proseduurien määrittäminen – Huolto-ohjeiden selkeys – Varaosatietojen käsittely – Huoltokohteiden määrittäminen
Toimitus / asennus	<ul style="list-style-type: none"> – Asentaminen yksinkertaista – Asentaminen suunniteltu – Asennusohjeiden selkeys – Kuljetuksen järjestäminen (kuljetusrakenne / moduulit)
Yrityksen omistajat	<ul style="list-style-type: none"> – Tuotteet edullisia valmistaa – Tuotteet helppo myydä – Riittävä kate

Yrityksen tulevaisuuden kannalta tuotekehityksellä olisi oltava myös mahdollisuus tuottaa uusia innovaatioita, siis "keksiä" uusia tuotteita. Parhaimmassa tapauksessa tuotekehityksellä olisi aikaa suunnitella nykyiset projektit rauhassa, mutta myös rinnalla kuunnella asiakaskunnan tarpeita ja laatia niiden perusteella vielä parempia tuotteita. Hyvin usein kuitenkin käy niin, että tuotekehityksen aika menee kokonaan nykyisten tuotteiden käsittelyyn; niiden ominaisuuksien parantamiseen tai korjaamiseen. Tällaisessa tilanteessa innovoinnille ei jää aikaa ja siten tuotekehitys ei pysty tuottamaan uusia tuotteita.

Ideaalisessa tilanteessa tuotekehityshenkilöiden apuna ovat järjestelmät, joilla rutiininomaiset toiminnot on optimoitu ja manuaalisen työskentelyn määrä on minimoitu. Tällaisessa tilanteessa tuotekehityshenkilöstön työajasta voidaan käyttää mahdollisimman suuri osa uusien innovaatioiden suunnitteluun vanhojen tuotesuunnitelmien muokkaamisen sijasta (Simpanen, 2011).

3.1 Suunnittelupäätösten syntyminen

Suunnitteluprosessin aikana tehdään runsaasti päätöksiä siitä, miten tuotteen erilaiset ominaisuudet toteutetaan. Päätökset voivat olla pieniä (esimerkiksi kuinka pitkää kiinnitysruuvia käytetään), tai suuria (esimerkiksi mistä materiaalista tuotteen runko valmistetaan). Määrällisesti suurimman osan päätöksistä tekee suunnittelija yksin, oman harkintakykynsä puitteissa. Nämä päätökset tyypillisesti sijoittuvat tuotekehitysprojektin loppuosaan, jossa viimeistellään tuotteen suunnitelmaa. Tuotesuunnitelman kannalta merkittävät muutokset yksittäinen suunnittelija esittää pääsuunnittelijalle tai suunnittelukokoukselle, jolloin niitä voidaan arvioida useamman henkilön toimesta.



Kuva 5. Kuvassa esitetään epävarmuuden suppilo. Laskennallisten arvojen tarkkuus paranee suunnitteluprosessin edetessä (U.S. Government Accountability Office (GAO), 2009, s. 38).

Suunnitteluprosessin kannalta myös muut sidosryhmät vaikuttavat päätöksiin. Tuotekehitysprojektin aikana suunnitelma esitellään valmistukselle ja asiakkaalle. Näin täydennetään tuotekehityksen kuvaa siitä, kuinka käytettävissä olevat valmistustekniikat ja asiakkaan tarpeet täyttyvät nykyisellä suunnitelmalla (Karl T. Uther, 2008, s. 134).

Varsinkin tuotekehitysprojektin käännekohdissa on hyvin oleellista pystyä näkemään koko suunnitelma kokonaisuutena. Tämän kokonaisuuden näkeminen piirustuspinosta tai 3D-malleista on useimmille ihmisille haasteellista. On myös vaarana, että tieto tuotteen ominaisuuksista välittyy virheellisenä koska 3D-mallin muodostama kokonaisuus koostuu pienistä tiedonjyvistä jotka vastaanottaja joutuu koostamaan omassa päässään.

4. Tuotekehitystä ohjaavat tekijät

Jokaisessa yrityksessä on useita vaikuttimia, jotka ohjaavat tuotteiden kehittämistä ja vaativat tuotekehitykseltä erilaisia asioita. Tuotteen suunnittelun alkuvaiheessa määritellään millaiseen tarpeeseen tuote suunnitellaan, jolloin määräytyy tuotteen vaatimukset loppukäyttäjän kannalta. Nämä ohjaavat ensisijaisesti suunnittelua ja takaavat omalta osaltaan sen, että suunnitelmasta tulee kilpailukykyinen (Karl T. Uther, 2008, s. 72).

Tuotekehitysprosessin loppuvaiheessa tarkennetaan suunnitelmaa ja määritellään tuotteen valmistustavat. Valmistettavuus ja valmistamiseen liittyvät ominaisuudet määräytyvät monesti suunnitteluprosessin loppuvaiheessa, jolloin niihin on usein enää vaikea vaikuttaa. Useissa tapauksissa joudutaan etsimään uusia valmistustapoja tai turvautumaan yhteistyökumppanien tarjoamiin palveluihin (Karl T. Uther, 2008).

Vaikka markkinointitutkimukset ja yrityksen muilta sidosryhmiltä kuullut tarpeet ohjaavat tuotteiden vaatimuksia, niin yrityksen historialla on vahva vaikutus tuotteeseen suunniteltaviin ominaisuuksiin ja valmistuksen suunnitteluun. Harva yritys lähtee suunnittelemaan uusia tuotteita jotka radikaalisti poikkeavat yrityksen aikaisemmista tuotteista.

Viimeaikainen kehitys, huomion kiinnittyminen ympäristöystävällisempien tuotteiden suunnitteluun ja tuotteen koko elinkaaren, johtaa tilanteeseen, jossa tuotekehitykselle asetetaan aina vain laajemmat vaatimukset perinteisten toimintojen suunnittelun rinnalle. Tuotteen on oltava ekologisempi ja esimerkiksi sen hiilijalanjäljen on oltava tunnistettavissa (Talvio, 2009).

On selvää, että jokaisella yrityksellä on oma uniikki tapansa toimia ja yrityksen toimintaprosessit määrittävät hyvin paljon tuotekehityksen tapaa toimia. Pääasiallisesti suunnittelua ohjaavat tekijät voidaan jakaa kahteen päätasoon: tuotantoprosessiin ja elinkaarisuunnitteluun. Tuotantoprosessi määrittää millaiset suunnitelmat on tehtävä, jotta tuotanto pystyy toteuttamaan suunnitelman. Elinkaarisuunnittelulla varmistetaan tuotteen koko elinkaaren toiminnot (Talvio, 2009).

Näiden tuotantoprosessien ja elinkaariajattelun tuomat vaatimukset vaativat omalta osaltaan tutkimaan suunniteltavaa tuotetta hyvinkin monella tavalla. Tämä herättää kysymyksen siitä että onko mahdollista kuvata yhdellä dokumentilla suunniteltua tuotetta siten että se siitä saataisiin vastauksia näiden osa-alueiden kysymyksiin.

4.1 Tuotantoprosessit

Jokainen yritys kuuluu johonkin teollisuudenalaan ja jokaisella teollisuudenalalla on omat erityispiirteensä. Näiden haasteiden synnyttämät vaatimukset omalta osaltaan muokkaavat tapaa arvioida tuotteita tuotekehityksen aikana. Seuraavassa käydään läpi erilaisten teollisuudenalojen haasteita tuotekehitykselle (Karl T. Uther, 2008, s. 11).

4.1.1 Prosessiteollisuus

Tyypillinen CAD-malli ei pysty kuvaamaan prosessiteollisuuden tarpeita. Suunnittelua määräävinä tekijöinä prosessiteollisuudessa toimivat prosessin parametrit ja niiden vaikutukset toisiinsa. Jossakin määrin prosesseja pystytään kuvaamaan mallintamalla niitä ohjelmallisesti. Prosessiteollisuudessa tuotekehityksen tehtävät painottuvat prosessin vaatimiin toimintoihin, eikä yksittäisten laitteiden suunnitteluun. Tämän tuotekehityksen tulosten perusteella kehitetään prosessiteollisuuden tarpeisiin laitteita ja laitteistoja. Nämä laitteet kuuluvat tyypillisesti tilauskohtaiseen tuotantoon (Fogelholm, 2002, s. 70).

4.1.2 Kokoonpanolinjatyyppinen tuotanto

Kokoonpanolinjatyyppisen tuotannon suurimmat haasteet liittyvät tuotteiden kokoonpantavuuden optimointiin. Kokoonpanolinjalla oleellisinta on joustava kokoaminen, jolloin yksittäisen komponentin valmistuskustannuksien merkitys vähenee. Tämä johtaa siihen tilanteeseen että yksittäiseen komponenttiin upotetaan enemmän ominaisuuksia jotta ne olisivat mahdollisimman helppoja kiinnittää ja mahdollisimman monipuolisia käyttää useammassa tuotteessa (Fogelholm, 2002, s. 70).

Kun kokoonpanolinjalle suunnitellaan tuotteita, on otettava huomioon, että tyypillisesti kokoonpanolinjalla on työstettävänä samanaikaisesti useita erilaisia variaatioita päätuotteesta. Optimaalisessa tilanteessa tuotantolinjan tuotteet kootaan esisuunnitelluista moduuleista, jotka tuotekehitys on vakioinut. Tämä vaatimus asettaa haasteen kokoonpanolinjalle suunniteltaville moduuleille, niiden on sovelluttava mahdollisimman moneen tuotteeseen. Onnistuessaan tässä tavoitteessa, hyvin monimuotoisia tuotteita voidaan valmistaa samalla kokoonpanolinjalla ilman että siihen täytyy tehdä muutoksia.

Kokoonpanolinjalla valmistettavissa tuotteissa tuotteen variaatioiden hallinta ja valmistustiedon ylläpitäminen nousevat hyvin merkitseviksi vaatimuksiksi, jotta tuotanto olisi tehokasta. Esimerkkinä kokoonpanolinjatuotannosta voidaan pitää autotehtaita, joissa yhdellä linjalla valmistetaan yhtä automerkkiä, mutta jokainen auto on asiakkaan tilauksen mukaisesti yksilö.

4.1.3 Sarjatuotanto

Sarjatuotannossa suunnitteluvaiheen ja tuotantosuunnitteluvaiheen merkitys korostuu, koska komponenttimäärät yksittäisten osien kohdalla kasvavat suuriksi. Tämä tarkoittaa sitä, että muutaman prosentin kustannusvähennys yksittäisessä osassa merkitsee paljon kun tarkastellaan kokonaisen tehtaan tehokkuutta. Näin yksittäisen tuotteen suunnittelussa on pyrittävä keskittymään yksittäisten komponenttien mahdollisimman edulliseen valmistukseen ja valmistettavuuteen. Monesti yksittäisten osien valmistuskustannuksissa muutaman prosentin muutokset takaavat lopullisen tuottavuuden (Fogelholm, 2002, s. 70).

Esimerkkinä sarjatuotannosta ovat kodinkonetehtaat, joissa samoja tuotteita valmistetaan tuhansia kappaleita.

4.1.4 Tilauskohtainen tuotanto

Tilauskohtainen tuotanto on tyypillisintä suomalaisille teollisuusyrityksille. Tyypillinen tilausmäärä on yksi kappale jotakin laitetta. Tuote on joko moduloinnin tuloksena syntynyt tuote tai täysin asiakasräätelöity kokonaisuus. Näissä tapauksissa suunnittelun läpimenoaika on merkittävä kokonaisprojektin tuloksen kannalta (Fogelholm, 2002, s. 70).

Tilauskohtaisen toimituksen kokonaisaikatauluun vaikuttaa ensisijaisesti toimitettavien komponenttien saanti. Useissa tapauksissa komponenttien toimitusajat merkitsevät enemmän kuin varsinainen valmistus- ja kokoonpanoaika. Suunnittelun on pystyttävä tunnistamaan tuotteen toimittamisen kannalta kriittiset komponentit ja pystyttävä tekemään sitovat päätökset niiden osalta jo hyvin aikaisessa vaiheessa suunnitteluprojektia. Esimerkkinä tilauskohtaisesta tuotannosta Outotec Oy:n kuparisulatuslinjat tai Ferroplan Oy:n kuljetinlaitteet.

4.1.5 Palveluyritykset

Tyypillinen palveluyritys on insinööritoimisto, joka tekee suunnittelua. Palveluyrityksen tehtävänä on tuottaa mahdollisimman hyvälaatuinen suunnitelma annettujen kriteerien rajoissa, varsinkin niin, että palveluyritykselle itselleen jää tietotaito tuottaa vastaava suunnitelma uudelleen (oman myynnin edistämiseksi). Palveluyritykset myyvät osaamistaan ja resurssejaan tuottaa suunnitelmia asiakkaidensa tarpeisiin. Jotta palveluyritys pystyisi tarjoamaan kilpailukykyisen suunnitelman, on sen pystyttävä antamaan arvio suunniteltavan tuotteen kustannuksesta ja valmistettavuudesta (Fogelholm, 2002, s. 70).

Koska palveluyrityksellä on harvoin suoraa yhteyttä asiakkaansa valmistusprosessiin, on sen pystyttävä kommunikoimaan selvällä ja tehokkaalla tavalla, jotta sen tuottamasta tuotteesta, tuotesuunnitelmasta, tulee mahdollisimman hyvä.

4.2 Tuotteen elinkaarensuunnittelu

Elinkaarisuunnittelua tehdään jokaisessa yrityksessä, vaikka siitä ei suunnittelussa elinkaarisuunnitteluna juurikaan puhuta. Tyypillistä on, että elinkaaren jotkin osa-alueet painottuvat enemmän kuin toiset. Mitä suuremmasta suunniteltavasta tuotteesta tai kokonaisuudesta on kysymys, sitä useampi näistä osa-alueista täytyy huomioida. Optimaalisessa tapauksessa jokainen osa-alue käsitellään tuotekehitysprosessin aikana. Nämä osa-alueet vaikuttavat omalta osaltaan suunniteltavan tuotteen vaatimuslistaan (Tampereen teknillinen yliopisto, 2011). Vaatimuslistan kautta osa-alueet määrittävät asioita, joita koosteraportilla olisi saatava näkyviin.

4.2.1 Tuotemallin suunnittelu tuoteperheeseen

Tuoteperheellä on määrittyt raja-arvot joiden sisällä tuoteperheen osien tulee toimia. Näiden raja-arvojen asettamalla alueella on pyrittävä tekemään mahdollisimman hyvä ja edullinen tuote. Tuoteperheessä tyypillisesti pyritään löytämään yhdistäviä tekijöitä ja siten käyttämään mahdollisimman paljon samoja komponentteja tuoteperheen sisällä (NATO Research Technology Organisation, 2009, s. 33).

4.2.2 Suunnittelu asiakastarpeeseen

Asiakastarpeen selvittäminen ja sen tyydyttäminen asettavat tuotteen vaatimuslistalle merkittävimmät kohdat. Näiden toteuttaminen varmistaa tuotteen haluttavuuden asiakkaan silmissä. Toisinaan käy kuitenkin niin, että varsinaiset asiakastarpeet eivät selviä suorilla kysymyksillä asiakkaille. Tällöin on tarpeen tehtävä laajempaa selvitystyötä asiakkaan todellisista tarpeista ja mahdollisuuksista niiden täyttämiseksi.

Haastattelut ja muut asiakasrajapinnan tiedonkeruukeinot tuottavat suuria määriä tietoa, josta on selvitettävä ja kiteytettävä ensisijaiset ja toissijaiset tarpeet. (NATO Research Technology Organisation, 2009, s. 33).

4.2.3 Suunnittelu valmistukseen

Valmistettavuuden suunnittelu on yksi tärkeimmistä kohdista elinkaaren suunnittelussa. Komponenttitason valmistuksella ja sen optimoinnilla voidaan suuresti vaikuttaa yksittäisten komponenttien valmistuskustannuksiin ja -aikaan. Erilaisten valmistustekniikoiden tuntemus ja niiden valinta on hyvin merkittävä tekijä, joka vaikuttaa koko tuotteen valmistukseen (NATO Research Technology Organisation, 2009, s. 33).

Osatasolla komponenttien valmistuskustannuksia voidaan huomattavasti optimoida, mikäli toleranssivaatimuksia voidaan optimoida. Säättämällä yksittäisen osan toleranssivaatimuksia saavutetaan kustannuksiltaan edullisempi komponentti, mutta samaan aikaan on myös huomioitava tämän toleroinnin vaikutus kokoonpanoon ja kokoonpantavuuteen. Kokoonpanotasolla mittatarkat komponentit varmistavat osien

yhteensopivuuden. Joissakin tapauksissa kuitenkin kevyemmillä toleranssivaatimuksilla saavutettaisiin vastaavat ominaisuudet. Tästä syystä toleranssien analysointi yksittäisessä osassa ja kokoonpanorakenteen osana kuuluvat valmistettavuuden suunnitteluun.

Kokoonpantavuuden suunnittelussa on muutamia perusohjeita, joilla voidaan taata kokoonpanon sujuvuus ja virheettömyys. Yksinkertainen asennustapa ja mahdollisimman pieni kiinnityskomponenttien määrä takaavat nopean kokoonpanon. Myös osien symmetrisyys helpottaa asennusta, koska tällöin osan asetteluun käytettävä aika pienenee. Vastaavasti toisena ääripäänä voidaan pitää monimutkaisen, pienen komponentin asettamista hankalaan paikkaan, johon asentaja ei näe suoraan. Mikäli kokoonpanovaiheessa voidaan havaita ja määrittää kokoonpantavuuden helppous ja määrittää kokoonpanoon liittyvät ohjeistukset, voidaan välttyä suurelta osalta kokoonpanovirheistä ja viiveistä, jotka johtuvat vaikeasti koottavista kokoonpanoista.

4.2.4 Suunnittelu asennukseen ja kuljetukseen

Tuote täytyy kuljettaa käyttöpaikalle ja asentaa käyttökuntoon. Kuljetussuunnittelun merkitys korostuu, kun toimitettavan tuotteen koko kasvaa. Suurimmissa projekteissa toimitettavia yksiköitä saattaa olla satoja, jolloin jokaisen yksikön sisältö täytyy suunnitella ja optimoida. Näin voidaan säästää kuljetuksen määrissä. Toinen optimoinnin paikka on pakkauksien purkaminen oikeassa järjestyksessä, jolloin asettaminen tapahtuu nopeammin ja virheettömämmin.

Vastaavasti suurien toimitusten pakkaaminen tehtaalla vaatii suunnittelua, joka alkaa jo siinä vaiheessa kun tuotekehitys määrittelee komponenttien mittoja. Jos kuljetus tapahtuu esimerkiksi kontilla, jonka suurin sisämitta on 12 metriä, niin mikään komponentti tai kuljetettava alikokoonpano ei tietysti saa olla tätä pidempi.

Asennusvaiheessa käsiteltävien moduulien määrä ja paino saattavat muuttaa tehtävän hyvin haastavaksi, varsinkin jos asennuksen suunnittelussa ei ole huomioitu nosturikaluston tarpeita jne.

Esimerkkinä yksinkertaisesta tuotteesta, jossa kuljetuksen suunnittelu on tyypillisesti toteutettu, voidaan pitää kahvinkeitintä. Myyntipakkaus toimii samalla kuljetuspakkauksena, jonka asiakas voi kantaa kainalossaan ja käyttöönotto tapahtuu avaamalla paketti, jonka sisältä paljastuu käyttöohjekirja. Kuitenkin tällaisessakin yksinkertaisessa tapauksessa on helppoa laatia hyvin monikohtainen lista siitä, miten pakkaus ja kuljettaminen voidaan tehdä tehokkaammin; esimerkiksi onko pakkauksessa kantokahva, montako pakkausta mahtuu kuormalavalle, missä järjestyksessä tuotteen osat pakataan laatikkoon, mitä materiaalin pakkauksen sisällä olevat täytemateriaalit ovat (NATO Research Technology Organisation, 2009, s. 33).

4.2.5 Suunnittelu huoltoon

On hyvin vähän laitteita, jotka toimisivat koko elinikänsä ilman mitään huoltoa. Huoltaminen suunnitellaan tuotekehitysprosessin aikana, jolloin määritellään kohteet jotka vaativat ajoittaista huomiota. Hyvin suunniteltu huolto-ohjelma sisältää tarkistuslistat ja aikataulutuksen kohteille, jotka vaativat tasaisin ajoin tarkistamista. Näiden huoltokohteiden luokse päästävyys on oltava hyvä. Valitettavasti huollettavuus jää monessa projektissa hyvin vähälle huomiolle. Tämän takia tuotteiden elinikä lyhenee pelkästään sen takia, että niitä ei pystytä huoltamaan riittävän helposti.

Nykypäivän kilpailutilanteessa monet yritykset ovat pyrkineet parantamaan liikevaihtoaan tarjoamalla omille tuotteilleen huoltopalveluja. Näissäkin tapauksissa helposti huollettavat laitteet ovat eduksi, koska huolto-operoinnin nopeus ja tehokkuus näkyvät asiakkaalle ja tarkoittavat myös tyypillisesti hyvää katetta huoltotoiminnasta.

Toinen osa-alue huollon suunnittelussa on varaosatietojen tarjoaminen käyttäjälle sekä näiden ympärille rakennettujen palvelujen käytännöt (NATO Research Technology Organisation, 2009, s. 33).

4.2.6 Suunnittelu tuotteen käytöstä poistoon

Kun tuote on saapunut elinikänsä päähän, täytyy sen hävittämisestä huolehtia. Monesti hyvin suunniteltu tuote on myös helppo kierrättää. Kun suunnittelussa on otettu huomioon purkaminen ja komponentteihin on merkitty valmistusmateriaalit, niin kierrätyskin onnistuu helposti. Pahimmillaan tuotteen kierrätys on estetty esimerkiksi liimaamalla yhteen erilaisista, jopa myrkyllisiä materiaaleja, jolloin tuotteesta syntyy lopputuloksena ongelmajätettä.

On toki niin, että tuotteen toiminnallisuus menee kierrätettävyyden edelle, mutta jos voidaan osoittaa että kierrättäminen on huomioitu suunnittelussa, niin tuote on parempi koko sen elinkaarta ajatellen (NATO Research Technology Organisation, 2009, s. 33). Haettaessa kilpailuetua, kierrätettävyyden voi nousta tuotteen menestyksen kannalta merkittäväksi tekijäksi.

4.2.7 Suunnittelu myyntiin ja markkinointiin

Tuotteen myytävyyden kannalta se tulee suunnitella siten, että se täyttää sille asetetut vaatimukset, jotka tekevät tuotteesta asiakkaalle haluttavan. Myynnin ja markkinoinnin asettamat vaatimukset ovat ensisijaisia sellaisia vaatimuksia, joilla varmistetaan tuotteen haluttavuus asiakkaiden silmissä.

Myynti ja markkinointi osastot kuuntelevat asiakkaita ja määrittävät kuulemansa perusteella vaatimukset tuotteelle sekä sovittavat vaatimukset yrityksen tuotekategoriaan.

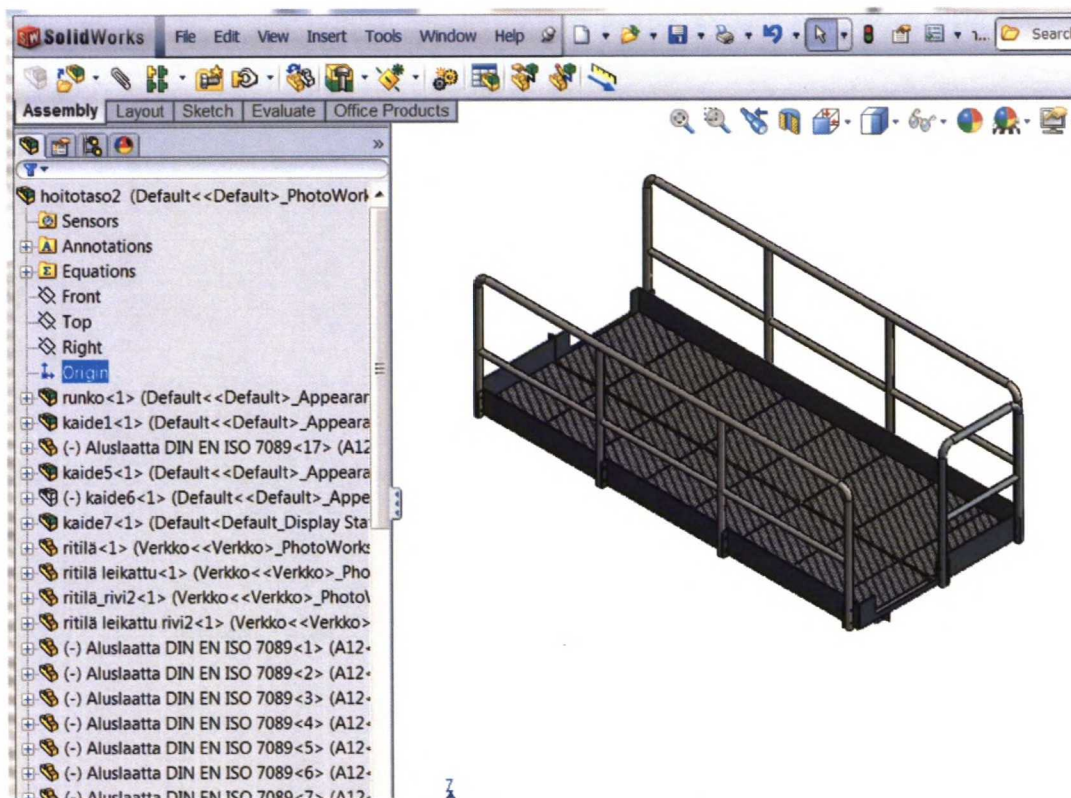
Kun suunniteltavana on uutuustuote, keksintö, jolle ei ole vielä pystytty selvittämään edes tarkkaa kohderyhmää, niin silloin suunnittelun ymmärrys markkinoinnin vaatimuksista nousee määräävimäksi tekijäksi. Tuotteen ominaisuudet on pyrittävä suunnittelemaan siten, että ne täyttävät yrityksen tuotteille tyypilliset vaatimukset ja siten luovat uuden tuotteen joka täydentää myyntiartikkeleja (NATO Research Technology Organisation, 2009, s. 33).

5. CAD-mallin sisältämä informaatio

Seuraavassa käydään läpi 3D-CAD -mallin formaatti ja sen sisältämä informaatio. SolidWorks -ohjelman käyttämä tietomalli perustuu kokoonpano- ja osatiedostoihin. Nämä tiedostot esittävät ensisijaisesti valmistettuja kokonaisuuksia, siis kokoonpanoa ja osia (Dassault Systèmes SolidWorks Corp., 2011). Tyypillinen tapa sitoa suunnitellut tiedot yrityksen valmistettaviin nimikkeisiin on käyttää yksilöiviä numerokodeja. Tyypillisin periaate 3D-CAD järjestelmissä on varata yksilöllinen koodi jokaiselle valmistettavalle osalle tai kokoonpanolle. Tämän tiedon perusteella voidaan suunnitellut nimikkeet linkittää tuotantoon ja järjestelmä toimii.

Haluttaessa linkittää suunnitelma tuotantoon, täytyy valmistettaviin osiin ottaa mukaan aihiotieto; materiaalin muoto ja tyyppi. Tähän ei perinteinen CAD-malli anna suoraan keinoja, vaan aihiotieto täytyy kirjoittaa tiedoston sisään meta-dataan. Tähän tarkoitukseen on olemassa ohjelmia, jotka helpottavat ja nopeuttavat tietojen syöttämistä. Tässä diplomityössä käytetään CustomWorks -ohjelman ominaisuuksia meta-datan syöttämiseen.

CAD-mallien sisältämän tiedon perusteella tuotetaan valmistusdokumentit, joissa tuotetieto esitetään sekä varsinaisen tuotetta esittävän nimikkeen osalta, että sen kokoamiseen tarvittavien nimikkeiden tai materiaalien osalta.



Kuva 6. SolidWorks 3D-CAD -ohjelman käyttöliittymä ja mallirakenne piirrepuussa.

Tuotetietoa luettaessa CAD-ohjelmasta saadaan rakenteelle suoraan kokoonpanotasot. Nämä tasot suunnittelija pyrkii tekemään oikeaa kokoonpanorakennetta mukaillen. Näin tämän tiedon perusteella voidaan alikokoonpanorakennetta tutkia ja tehdä päätelmiä kokoonpantavuudesta.

Valmistettavuuden kannalta on tarpeen nähdä tieto valmistuksen tarvitsemista raaka-aineista. Tämän tiedon esittämiseksi on kokoonpanorakenteeseen lisättävä vielä yksi taso. Tämä taso määrittää komponenttien aihiotiedon (komponenttien materiaalin ja aihion muodon). Aihiotieto mahdollistaa materiaalien määrien tarkemman tutkimisen ja esimerkiksi ostettavien materiaalien määrän ennakkoinnin. Tämän aihiotason lisääminen on hyvin riippuvainen suunnittelijan määrittämän meta-tiedon oikeellisuudesta. Mikäli aihio, materiaali tai aihion kokotieto on väärin kerrottu, niin lopputuloksena viety tieto on virheellistä, ja siitä tehtävät jatkotoimenpiteet aiheuttavat virhekustannuksia. Taulukossa 2 on jaoteltuna tyypillisimmät tiedot, jotka CAD-mallista voidaan lukea.

Taulukko 2. CAD-mallin metadataluokittelu.

CAD-mallin tieto	Nimikkeen tieto	Raaka-ainetieto
Tilavuus	Numero	Aihio
Massa	Nimitys	Materiaali
Pituus	Piirtäjä	Aihio kokomitat
Leveys	Päiväys	Määrä
Korkeus	Nimikeluokka	
Komponenttimäärä	Luokitteluja	

6. Koosteraportin kilpailevat ohjelmat

Maapallon jokaisessa maassa tehdään tuotekehitystä ja jokaisella kulttuurilla on omat tapansa katsella asioita. Kuitenkin suunnittelemista voidaan pitää eräänlaisena globaalina tapana ilmaista jonkin tarpeen tyydyttävä ratkaisu. Tuotekehityksessä pyritään kuvaamaan tuotteen ominaisuudet ja kertomaan katsojalle millaisesta tuotteesta on kyse käyttäen apuna esimerkiksi piirustuksia ja hahmomalleja.

Jokainen alla esitellyistä tuotteista luo omalta osallaan lisää tietoa tuotteesta. Tyypillisesti ne käsittelevät omalla rajatulla tavallaan tietoa ja tekevät sen vain määrätyssä vaiheessa tuotekehitysprosessia. Kun tähän lisätään vielä se, että nämä ohjelmat eivät välitä tietoa takaisin CAD-ohjelmaan tai siirrä tietoa keskenään, niin niiden tuottama tieto jää eristettyksi. Näin tämän syntyneen tiedon jatkokäyttäminen jää kyseistä ohjelmaa käyttävän henkilön varaan. Yksi tämän diplomityön tavoitteesta on suunnitella ohjelma, joka pyrkii yhdistämään näiden irrallisten ohjelmien tuottamaa tietoa. Tällaista tietolähteitä yhdistävää ohjelmaa ei ole vielä tarjolla CAD-käyttäjälle.

6.1 SolidWorks Assembly Visualization

SolidWorks Assembly Visualization ei varsinaisesti ole tässä diplomityössä kehitetyn ohjelman kilpailija, vaan se on CAD-ohjelman sisällä oleva kilpaileva ominaisuus. SolidWorks -ohjelman ominaisuudella voidaan listata ja havainnollistaa 3D-mallin sisältämää meta-dataa. Näin saadaan näkymä esimerkiksi materiaaleihin tai massaun, ja nähdään suurimmat ja pienimmät arvot (kuva 7). Toiminnolla voidaan värittää malli luokittelevien parametrien mukaan (Dassault Systèmes SolidWorks Corp., 2011).

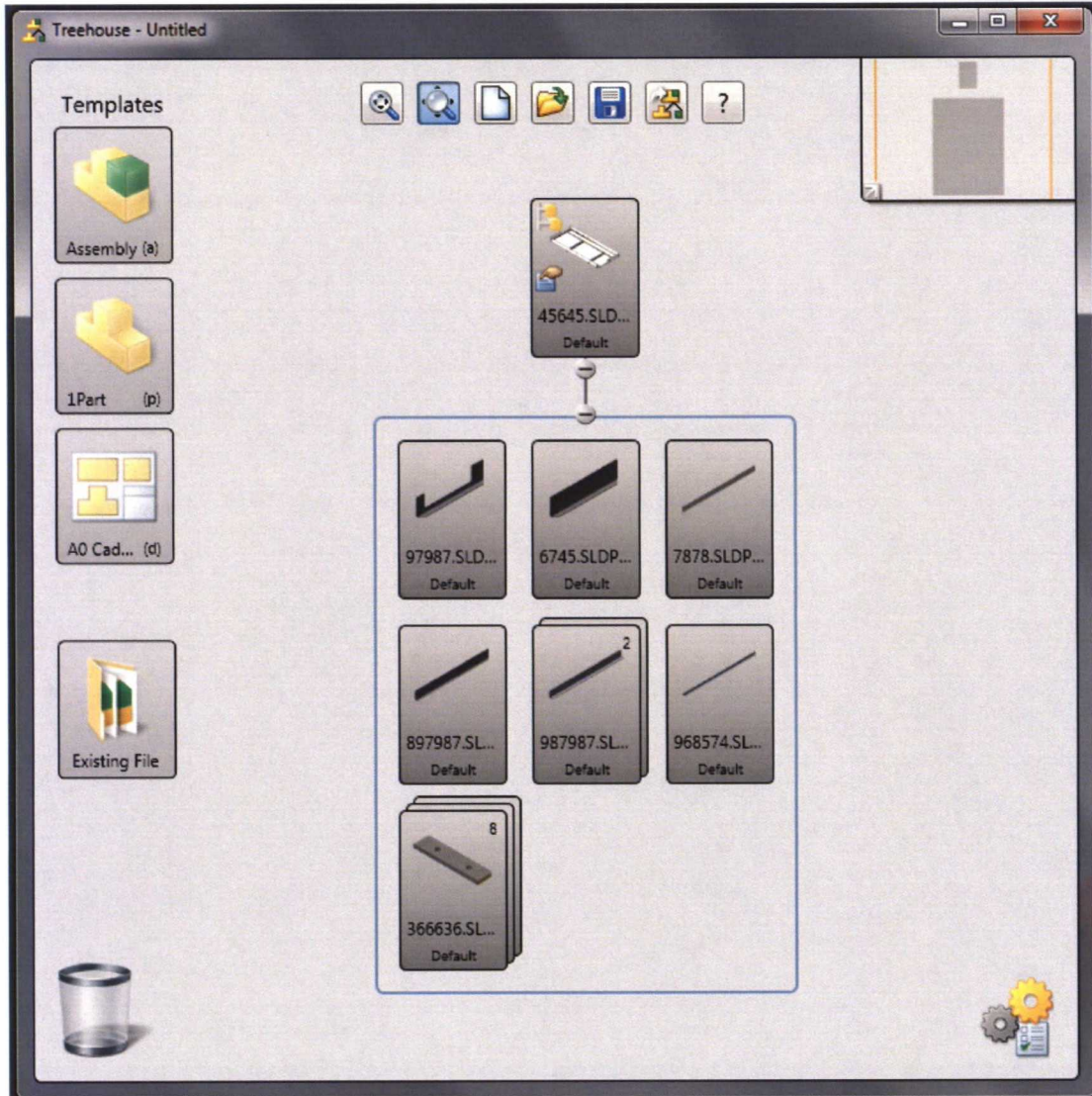
Ohjelmalla voidaan tehdä paljon tutkimustyötä 3D-mallin rakenteeseen, mutta sen heikkouksiin kuuluu, että toimintoja ei pystytä automatisoimaan niin että ne toistettaisiin määrätyssä järjestyksessä. Näin jokaisen erillisen tiedon kerääminen täytyy tehdä kokoonpanosta manuaalisesti. Tämä tekee kokonaiskuvan keräämisen työlääksi. Ohjelma on parhaimmillaan silloin, kun halutaan tutkia jonkin tiedon jakaumaa kokoonpanossa.



Kuva 7. SolidWorks Assembly Visualization -toiminto antaa havainnollisen näkymän mallin tietoihin. Kuvassa vihreä -> sininen väriskaala kertoo komponenttien massatietoja.

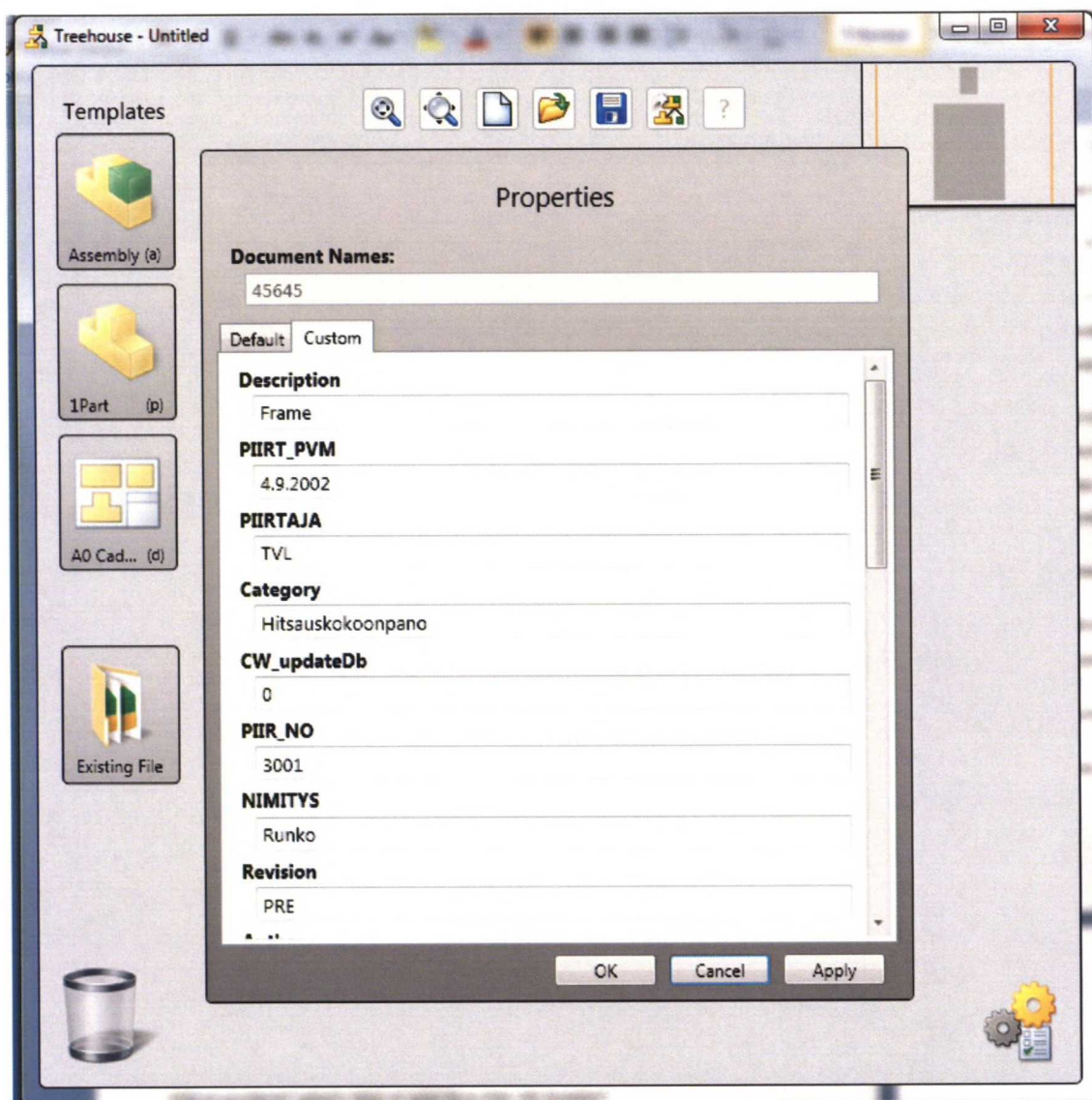
6.2 Treehouse 2.1

Treehouse on ohjelma, joka on saatavilla ilmaiseksi SolidWorks Labs -sivulta. Solidworks Labs -sivusto on Dassault Systemes SolidWorksin sivusto, jolla on kokeellisia ohjelmia. Näillä ohjelmilla voidaan laajentaa 3D-CAD ohjelman toimintoja. Osa näistä kokeiluista päättyy lopulta osaksi CAD -ohjelmaa (Dassault Systèmes SolidWorks Corp., 2011).



Kuva 8. Treehouse ohjelman näkymä levyrakennekokoonpanoon.

Treehouse -ohjelmalla voidaan katsella SolidWorks -kokoonpanomalleja. Kokoonpano esitetään puumaisena näkymänä, jossa jokaiselle osalle ja alikokoonpanolle on oma haaransa (kuva 8). Puussa näkyvistä tiedostoista voidaan tutkia meta-dataa tupla klikkaamalla tiedostoa. Samalla työkalulla käyttäjä voi myös muokata tiedostojen meta-dataa, mutta käytettävissä ei ole syöttöapuja, vaan jokainen sana on kirjoitettava merkki kerrallaan (kuva 9).



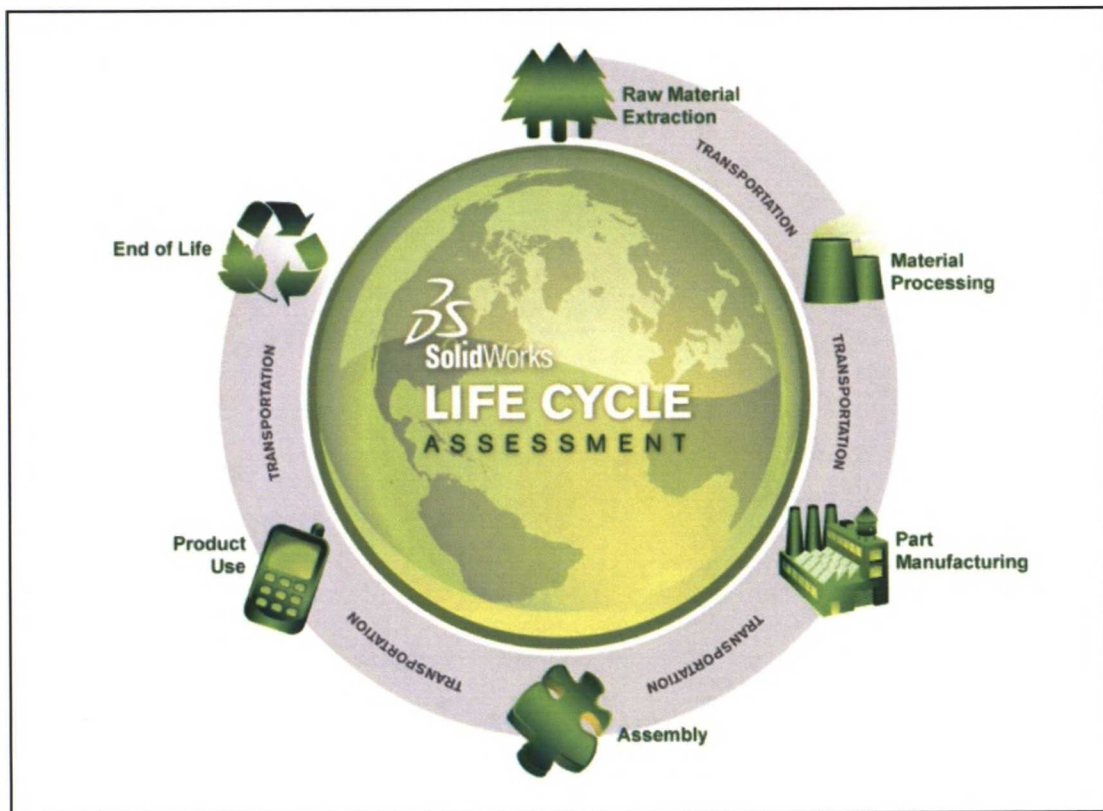
Kuva 9. Treehouse -ohjelman esitystapa yksittäisen CAD-mallin metadataan.

Yksi käyttötapa Treehouse -ohjelmalle on tuotekehitysprojektin alkuvaiheessa, jossa rakennetaan tuoterakennetta. Treehouse -ohjelman työkaluilla voi määrittää uusia tiedostoja ja tiedostorakenteita. Tämän määrittelyn jälkeen voidaan ohjelmalla komentaa SolidWorks CAD-ohjelma luomaan 3D-mallit määritellyistä rakenteista. Jos käyttäjä määrittää rakenteen käyttäen jo suunniteltuja komponentteja, syntyy uuden tuotteen 3D-malli aikaisemmin suunniteltujen alimallien perusteella. Lopullisen 3D-mallin geometrian tuottaminen jää käyttäjän tehtäväksi.

Ohjelma näyttää kokoonpanorakenteen osatasolla. Käyttäjä pystyy rakentamaan kokoonpanoja, mutta valmistettavuuden arviointiin ohjelma ei anna lisätietoa. Materiaali ja aihiomääreitä ei rakenteesta pystytä näkemään.

6.3 SolidWorks Sustainability

Viimeaikainen kehitys on johtanut tilanteeseen jossa 3D-CAD -ohjelmat ovat saavuttaneet sellaisen käyttötason, jossa uusien lisenssien myyntimäärät eivät enää kasva. Suomessa tehtävästä suunnittelusta jo yli 60 % tehdään 3D-ohjelmilla (CAD/CAM-yhdistys ry, 2010). Tämä on saanut CAD-toimittajat etsimään uusia ominaisuuksia, joita voi lisätä CAD -järjestelmään ja saada näin lisää liikevaihtoa. Uusimpana ominaisuutena Dassault Systemes SolidWorks tarjoaa kokoonpanotason elinkaarilaskentaa. Elinkaariennuste laskee kokoonpanolle energiakulutuksen, vedenkulutuksen, rikkioksidien määrän ja hiilijalanjäljen. CAD-ohjelmassa on ollut jo vuodesta 2009 lähtien ominaisuus yksittäisten komponenttiedostojen elinkaaren laskemiseen (Dassault Systèmes SolidWorks Corp., 2010).



Kuva 10. SolidWorks Sustainability -ohjelman osa-alueet.

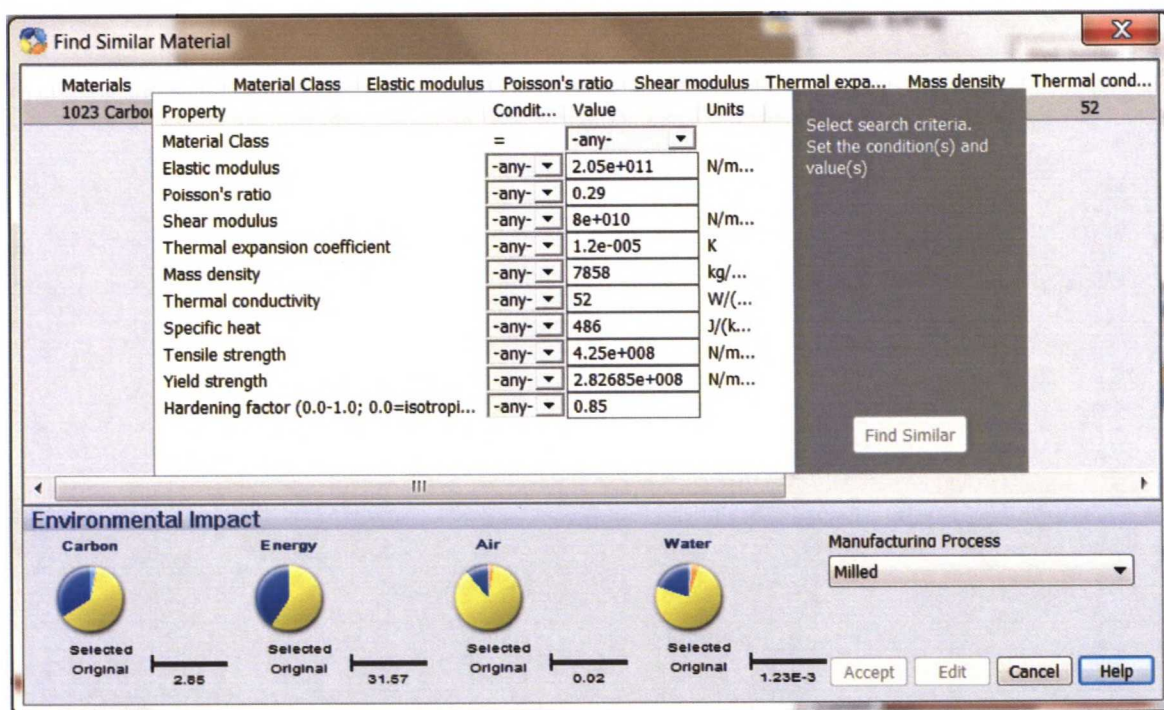
SolidWorks Sustainability -ohjelma käyttää tietokannassa olevia määritelmiä erilaisten materiaalin käyttäytymisestä ja niiden ympäristökuormituksesta. Ohjelman käyttäjän tehtävänä on määrittää missä ja miten tuote valmistetaan, miten se kuljetetaan ja missä maanosassa tuotetta käytetään. Tämän jälkeen ennusteella voidaan vertailla erilaisten vaihtoehtojen vaikutusta lopputuotteen ympäristökuormitukseen (Kuva 11).



Kuva 11. Esimerkki elinkaariraportista SolidWorks Sustainability -ohjelmassa.

Ennustetta voidaan tarkentaa tekemällä yksittäisille komponenteille omat laskelmat, joissa määritetään vastaavasti valmistuspaikka, käyttöpaikka ja kuljetustapa.

Elinkaariennuste antaa hyvin paljon tietoa tuotteen ympäristövaikutuksista. Toinen hyvin tärkeä ominaisuus on materiaalivalintojen vaikutus. Ohjelman materiaalitietokannan avulla on mahdollista etsiä korvaavaa materiaali, joka täyttää paremmin käyttäjän määrittämät kriteerit (Kuva 12.). Esimerkiksi jos materiaalin tiheyden on oltava pienempi kuin aikaisemman materiaalin, mutta kuitenkin sen jäykkyuden on oltava suurempi. Tällaisen haun perusteella saadaan lista vaihtoehtoisista materiaaleista.



Kuva 12. SolidWorks Sustainability -ohjelma antaa mahdollisuuden eri materiaalien vertailemiseen.

Ohjelma tarjoaa jälleen yksittäisen palasen suunniteltavan tuotteen ominaisuuksista. Elinkaarilaskennan raporttitoiminto antaa kokonaiskuvauksen tuotteen hiilijalanjäljestä. Tätä raporttia voidaan määrätyissä tapauksissa käyttää vaikkapa markkinointitarkoituksiin. Valmistettavuuden ja sitä kautta tuotteen kustannuksien arvioinnissa SolidWorks Sustainability -ohjelma ei anna apua.

6.4 Microest DFMPPro

Microest yrityksen DFMPPro -ohjelmalla voidaan muodostaa yksittäisen kappaleen valmistettavuusennuste. Ennuste kertoo 3D-mallin piirretietojen, annetun materiaalin ja valmistustavan perusteella arvion valmistuksen kustannuksesta ja ajasta.

DFMPPro -ohjelmasta on olemassa kaksi versiota. Ensimmäinen näistä on sijoitettu SolidWorksin CAD-ohjelman sisälle. DFMXpress -ohjelma tekee tarkistuksen yksittäiselle osalle siitä (kuva 13), kuinka hyvin sen geometria soveltuu valittuun valmistustekniikkaan. Erikseen hankittavissa oleva DFMPPro -ohjelma laajentaa analysointimahdollisuuksia kokoonpanotasolle (Micro Estimating Systems, 2011).



Kuva 13. Optiot valmistettavuustarkastukselle ohutlevykomponentissa. Tuloksena saadaan tieto osan geometrian sopivuudesta valittuun valmistusprosessiin.

Kustannusarviossa suurimman haasteen tuottaa valmistustavan määrittely ja 3D-malligeometrian tulkitseminen (kuva 14). Varsinkin toleranssien käsittely on mallien osalta jonkin verran puutteellista, joten hinta-arvion virhemarginaali on melko suuri.

Manufacturing Process

☐ Mill/Drill only
☐ Turn with Mill Drill
☒ Sheet metal
☐ Injection Molding

Rule Parameters

Hole Diameter to Thickness Ratio:

>= 1.00

Simple Hole-Part Edge Distance to Thickness Ratio:

>= 4.00

Countersink-Part Edge Distance to Thickness Ratio:

>= 4.00

Simple Hole Spacing to Thickness Ratio:

>= 8.00

Countersink Spacing to Thickness Ratio:

>= 8.00

Recommended Bend Radius:

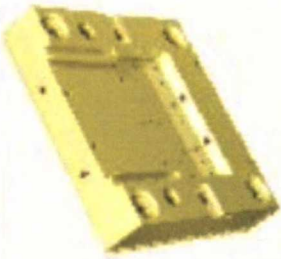
>= 5.00 mm

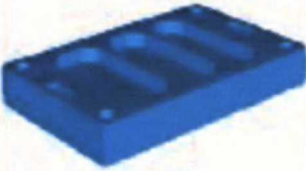
Standard Hole Sizes

Edit

Kuva 14. Kuvassa on valmistettavuustarkistustyökalun asetukset ohutlevyosille.

Ohjelmasta on myynnissä erillinen versio, jolla voidaan laskea tarkempia arvioita kustannuksista. Tällöin toki vaatimuksena on tarkempi määrittely tuotteen valmistustavasta. Ohjelman tietokantaan voidaan lisätä myös yrityksen omat tuotantokoneet ja siten saada paremmalla tarkkuudella oleva ennuste hinnoista ja valmistusajasta (kuva 15). Ohjelman suurimpana etuna voidaan pitää CAD-järjestelmästä eristettyä osaluettelotietoa. CAD-mallin osaluettelotieto voidaan siirtää valmistettavuusarviointiin, mutta siirto tapahtuu vain kerran eikä pysyvää sidosta synny näiden kahden tietolähteen välille. Tämä työtapaa antaa kuitenkin mahdollisuuden käsitellä nopeasti tuhansien osien kokonaisuuksia ja laskea kustannusarvioita tuotteista.

	Part Name	Mold Base
	Size	9" x 12" x 1.75"
	Material Grade	Steel SAE 4140
	CAD File Type	3D Model .step file
	Equipment	Mazak VCN
	Operations	2 Axes Machining
	Manufacturing Time	310 Minutes
	Time to Estimate	7 Minutes
	Cost	\$573.12

	Part Name	Lock Plate
	Size	8" x 5" x 1.25"
	Material Grade	Steel SAE 1018
	CAD File Type	SolidWorks
	Equipment	HAAS HMC
	Operations	2 Axes Machining
	Manufacturing Time	98 Minutes
	Time to Estimate	4 Minutes
	Cost	\$167.10

Kuva 15. Esimerkkejä DMFPro -ohjelman laskemista kustannusarvioista.

6.5 ToolWorks BOM Manager

ToolWorks BOM Manager on esimerkki SolidWorks -ohjelmaan liitettävistä Partner -ohjelmasta. Sen ominaisuudet kattavat SolidWorks -mallien meta-datan käsittelyn sekä yksittäisille komponenteille että taulukkomaisena osaluettelona (SDH Development ApS, 2011).

ToolWorks BOM Manager pystyy kirjoittamaan SolidWorks -mallin sisältämän meta-datatiedon Microsoft Excel- tai tekstiformaattiin, mutta kirjoitettu tieto on käsittelemätöntä; se vain kuvaa taulukkomaisesti kokoonpanossa olevat tiedot (SDH Development ApS, 2011). Näin moni asia jää käyttäjän selvitettäväksi ja tulkittavaksi tekstipohjaisesta taulukosta.

Mitään esimääritettyä muotoilua ei ToolWorks BOM Manager -ohjelmalla pystytä tekemään, joten yrityksen sisäiseen tiedon välittämiseen sen käytettävyys on heikko.

6.6 TOCOMAN - TCM Pro

TCM Pro on rakennusalanohjelma kustannuslaskentaan. Ohjelman laskelma perustuu 3D-tietomallin sisältämään parametritietoon. BIM, eli 3D-tietomallia, käytetään rakennusten geometrian ja toimintojen kuvaamiseen. Tietomalli kattaa rakennuksen materiaali- ja työaikatietoja, joista koostamalla saadaan laskettua kokonaisaika ja -kustannus rakennusprojektille (Tocoman Group Oy, 2011).

Kustannuslaskentamalli kuvaa rakenteen, jossa listataan materiaalit ja työvoima ja joka tarvitaan kyseisen tietomallin osasen toteuttamiseen. Laskentamalli antaa mahdollisuuden varioida rakennuksen osia ja antaa näin mahdollisuuden tutkia muutoksen vaikutusta rakennuskustannuksiin (Tocoman Group Oy, 2011).

TCM Pro -ohjelmaa ei voida sellaisenaan käyttää mekaniikkasuunnittelun kustannuslaskentaohjelmana, joten se ei ole varsinaisesti kilpailija diplomityöni koosteraportille. Ohjelman tietokannassa ei ole mekaniikkatuotteiden suunnitteluun soveltuvia elementtejä. TCM Pro pystyy antamaan hinnoittelun vain hyvin määritellylle moduuliselle tuotteelle, jota rakennus tyypillisesti edustaa (kuva 16).

Pro Estimate - (Rakenne: 14102010 (Ver 1) As Oy RO-Esim)

anke Osittelu Näytä Työkalut Ikkuna Apua

Haku Luokka

Etsi luokan mukaan

- 0 Rakennuttajan kustannukset
- 1 Maa ja pohjarakennus
- 2 Perustukset
 - 21 Anturat
 - 22 Perusmuut, -pakit ja -pilarit
 - 23 Kantava alapohja
 - 25 Väestönsuojarakenteet
 - 26 Maanvarainen laatta
 - 27 Eristysrakenteet
 - 28 ulkopuoliset rakenteet
- 3 Runko- ja veikattorakenteet
- 4 Täydentävät rakenteet
- 5 Pintarakenteet
- 6 Kalusteet, varusteet, laitteet
- 7 Kone tekniset työt
- 8 Työmaan käyttö kustannukset
- 9 Työmaan yhteiskustannukset
- L

Valitse rakenne tai luo uusi

	AK	Luokka	Luokan nimi	Koodi	Selite
<input checked="" type="checkbox"/>		A	1111	Raivaus	MRA101 Raivaus, puuton maasto
<input checked="" type="checkbox"/>		A	1211	Pintamaa	MKA101 Pintamaan poisto, 200 mm, kasausta tontille
<input checked="" type="checkbox"/>		A	1221	Kaivu	MKA202 Tasokaivu, 0.5 m, siirto rakennusalueella
<input checked="" type="checkbox"/>		A	1231	Kaivu	MKA302 Kellarin maankaivu, kuetus 20 km
<input checked="" type="checkbox"/>		A	1261	Kaivu	MKA602 Kanaalkaivu, h = 1.5 m, SV- ja JV-viemärit + täyttö soralla
<input checked="" type="checkbox"/>		A	1431	Lyöntipaalu	MPR301 Paalutus, 250 x 250, L = 3 - 5 m, kallioakäki
<input checked="" type="checkbox"/>		A	1511	Salaoja	MSP1101 Rakennusten salaojat ja kaivot
<input checked="" type="checkbox"/>		A	1621	Täyttö	MTA201 Sokkelin vierustäyttö, kaivumaa, h = 0.7 m + routaeriste
<input checked="" type="checkbox"/>		A	1631	Täyttö	MTA301 Maanvaraisen laatan alustäyttö: salaojasora 200 mm, perust
<input checked="" type="checkbox"/>		A	1641	Täyttö	MTA402 SV- / JV-viemäriin rakennustekniset työt, h < 1.5 m, routaus
<input checked="" type="checkbox"/>		A	1711	Viherrakenne	MAL101 Nurmikko, multaus 200 mm
<input checked="" type="checkbox"/>		A	1713	Viherrakenne	MAL132 Istutettava puu
<input checked="" type="checkbox"/>		A	1731	Asfaltti	MAL3011 Asfaltti, 4 cm + rakennekerrokset, routimaton pohja, pohjam
<input checked="" type="checkbox"/>		A	1741	Päällyste	MAL401 Betonilaatta, 500 x 500 x 50 mm, hamaa, ei rakennekerroks
<input checked="" type="checkbox"/>		A	2121	Antura	ANT201 Jatkuva maanvarainen seinäantura, K 25 - 2
<input checked="" type="checkbox"/>		A	2221	Perusmuuri	PM201 Paikalla valettava eristämätön perusmuuri, K 25 - 2, lautas
<input checked="" type="checkbox"/>		A	235	Alapohja	APK503 Ontelolaatta-alapohja 265 mm, ER 180 mm alapintaan

1 Suoritteet 2 Sijainnit 3 Muistio 4 Standardit

2121 ANT201
Jatkuva maanvarainen seinäantura, K 25 - 2

Valitse suorite tai luo uusi

	Koodi	Selite	Yks	Määrä	Menekki	Kaava	Laskentatapa	€/yks
<input checked="" type="checkbox"/>	2110110	Jatkuvien anturoiden lautasuutittyo + muottien purku ja pul	m2	48,0	0,400	x*2"H	f _{sa}	34,72
<input checked="" type="checkbox"/>	2121111	Anturaraudoitus, A 500 HW	kg	336,0	2,800	x*B*T"H	f _{sa}	1,07
<input checked="" type="checkbox"/>	2122113	Anturoiden betonointi, K 25-2	m3	9,6	0,080	x"H*B	f _{sa}	101,63

Kuva 16. Kuvassa on esimerkki kustannuslaskennan rivitiedoista TCM Pro -ohjelmassa.

6.7 Yhteenveto kilpailijoista

Tuotekehityksen tehtävän helpottamiseksi on tarjolla monia ohjelmia, joilla voidaan tutkia jotakin osa-aluetta tuotteen ominaisuuksista. Yleisesti voidaan todeta, että jokainen yllä kuvatuista tuotteista antaa oman näkemyksensä suunnitelmasta. Kuitenkaan nämä tuotteet eivät pysty joustamaan kovinkaan hyvin yritysten erilaisiin tarpeisiin. Tämän jouston puuttuessa syystä nämä ohjelmat eivät anna kovinkaan tarkkaa kuvausta kokoonpanosta ja sen valmistettavuudesta; nimikkeistä ja materiaalitärpeesta.

SolidWorks -ohjelmaan on saatavilla hyvin runsaasti lisäohjelmia, määrä on yli 200 kappaletta. (Dassault Systèmes SolidWorks Corp, 2011). Kuitenkaan mikään näistä ohjelmista ei yksinään täytä tässä diplomityössä toteutetun koosteraportin vaatimuksia. Tämän kilpailija-analyysin perusteella voidaan siis todeta, että suoranaista kilpailevaa tuotetta tässä diplomityössä suunnittelemalleni koosteraporttityökalulle ei ole olemassa tämän hetken markkinoilla.

7. Asiakashaastattelu

Koosteraportin suunnittelemista varten suoritin asiakashaastattelun, jonka tarkoitus oli selvittää referenssiyrityksien nykyisiä käytäntöjä tuotekehitysprojektien osalta. Päällimmäisenä kysymyksenä oli se että onko kehittämälleni koosteraportille tarvetta ja millainen raportin sisältö varsinaisesti tulisi olla. Haastateltaviksi valittiin 3D-CAD-ohjelmaa käyttäviä tuotesuunnittelijoita erilaisista yrityksistä. Valittujen yritysten toimialat ja koot pyrittiin hajauttamaan riittävästi, jotta saataisiin riittävä läpileikkaus koko Suomen yrityskannasta. Haastattelun kysymykset pyrittiin laatimaan siten, että niihin vastaaminen olisi nopeaa ja suoraviivaista. Valitettavasti osa haastatelluista ei osallistunut haastatteluun, joten haastateltavien joukko pieneni suunnitellusta. Haastateltavien kokonaismäärä oli 11.

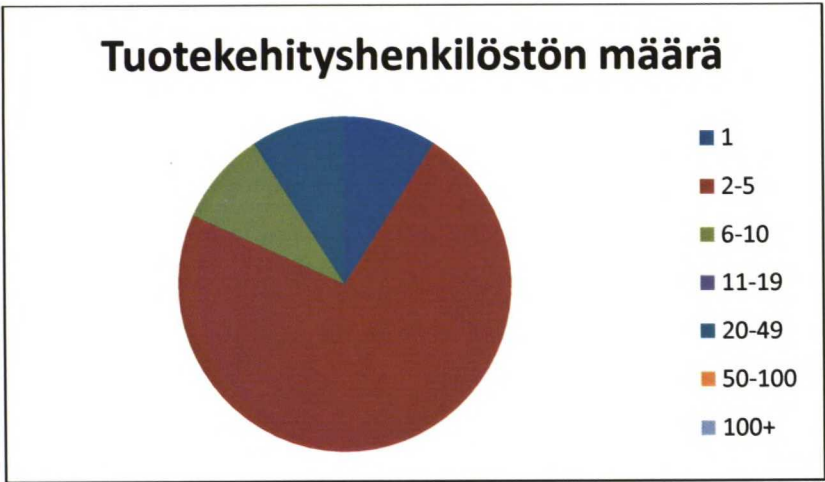
Haastattelun suorittamisessa oletuksena pidettiin sitä, että olisi vaikeaa saada haastateltavia vastaamaan kysymyksiin ja varsinkin vastaamaan kaikkiin kysymyksiin, jos kysymyksiä olisi paljon. Niinpä kysymysten määrä pyrittiin pitämään kohtuullisena (kysymyksiä oli yhdeksän kappaletta). Haastattelun ensimmäisen osan (kysymykset 1-5) tavoitteena oli selvittää tuotekehitysryhmän suuruus, projektien määrät ja projekteissa käytävät neuvottelut. Tämän tiedon perusteella voitiin päätellä kuinka paljon koosteraportille olisi tarvetta. Haastattelun toisen osan (kysymys 6) tavoitteena oli kartoittaa omaisuuksia, jotka haluttaisiin sisällyttää koosteraporttiin. Haastattelun kolmannen osan (kysymykset 7-9) tavoitteena oli selvittää, kuinka erilaiset sidosryhmät vaikuttavat tuotekehitysryhmän toimintaan ja kuinka eri sidosryhmien mielipiteet vaikuttavat päätöksiin tuotteen ominaisuuksista. Haastattelun antamien reunaehtojen pohjalta laadittiin raporttityökalun ensimmäinen versio.

Haastattelun kysymykset ja tulokset ovat kokonaisuudessaan liitteessä 5. Alla on käsitelty haastattelun kysymysten tulokset ja niistä tehdyt päätelmät.

7.1 Tuotekehityshenkilöstö

Henkilöstökysymyksellä haluttiin selvittää, kuinka suuresta organisaatiosta oli kysymys. Haastattelun perusteella voidaan todeta, että tyypillinen suomalainen pienyritys on noin 20 hengen yritys, jossa tuotekehitysryhmän koko on noin 2-5 henkilöä (kuva 17). On selvää, että tällaisen yrityksen kokonaispanostus suunnitteluun ja tuotekehitykseen ei voi olla kovin merkittävä suhteessa valmistettavien tuotteiden määrään.

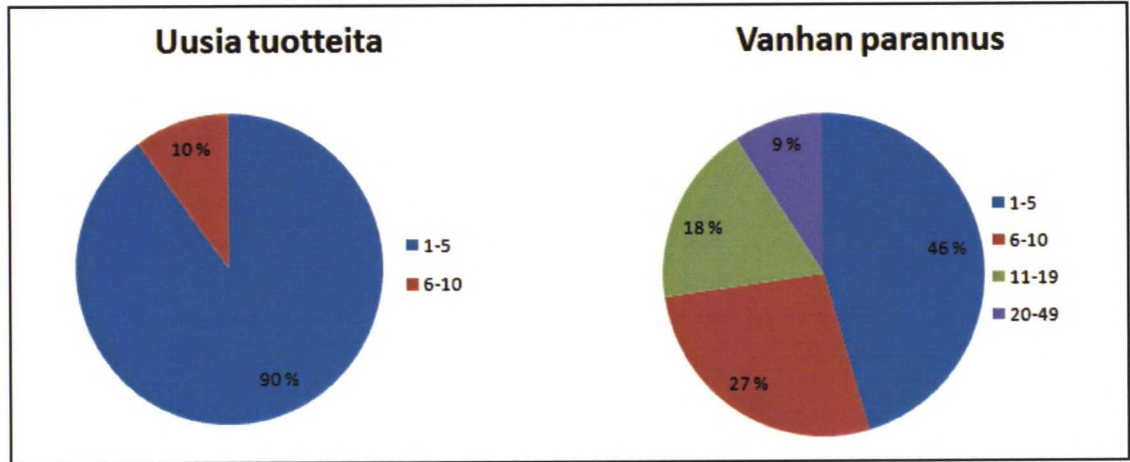
Tuloksien perusteella on myös selvää, että pienissä organisaatioissa on pidettävä erityistä huolta siitä, että tehtävä työ on tuottavaa ja kaikkea ylimääräistä ja kaksinkertaista työtä on pyrittävä välttämään. Yrityksen jatkuvuuden kannalta on pidettävä huolta siitä, että osaavat työntekijät pysyvät yrityksen palveluksessa. Uusien työntekijöiden, varsinkin suunnittelijoiden, kouluttaminen on suuri ja aikaa sekä rahaa vievä haaste.



Kuva 17. Tuotekehitysryhmien koko haastattelun tulosten perusteella.

7.2 Projektimäärät

Haastattelun toisena kysymyksenä oli: Montako suunnitteluprojektia teillä on vuodessa? Kysymys oli jaettu kahteen osaan; uusien tuotteiden suunnittelu sekä vanhojen tuotteiden parannukset. Haastattelukysymyksen tavoitteena oli selvittää projektien määrät, jolloin paljastuisivat myös raportointiohjelman käyttömäärät.



Kuva 18. Kuvassa on vastaukset haastattelun kysymykseen: " Montako projektia teillä on vuodessa?"

Vastuksista nähdään että kovin montaa tuotekehitysprojektia ei yrityksissä käsitellä vuosittain (kuva 18). Uusien projektien määrä suhteessa suunnittelijoiden määrään antaa tulokseksi yksi projekti per suunnittelija. Vahojen tuotteiden parannusprojekteja on

vuosittain hieman enemmän, mutta ne ovat tyypillisesti pienempiä kokonaisuuksia, jolloin ne kuormittavat suunnittelua vähemmän. Riippumatta siitä, onko kyseessä uuden tuotteen suunnittelu tai vanhan tuotteen parannus, niin suunnitteluprojektin kannalta ne sisältävät kuitenkin samat vaiheet.

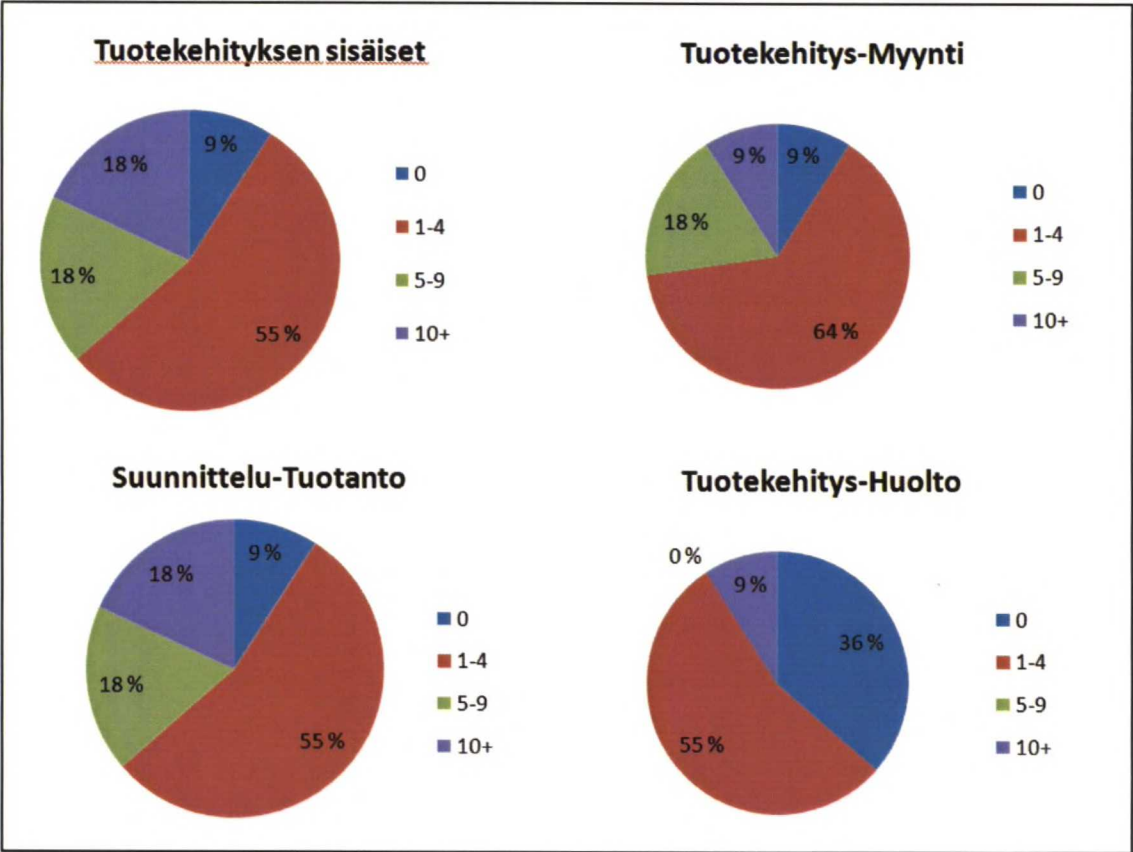
Toki on muistettava, että yksittäisen suunnittelija työajasta valtaosa menee muuhun kuin tuottavaan suunnittelutyöhön; muun muassa tiedon ylläpitämiseen erilaisissa järjestelmissä ja kommunikointiin yrityksen eri sidosryhmien kanssa. Yhteenvetona kysymykseen kaksi voidaan todeta, että keskimääräisessä suomalaisessa pienyrityksessä on noin kuusi aktiivista projektia käynnissä samanaikaisesti.

7.3 Kokoukset sidosryhmien kanssa

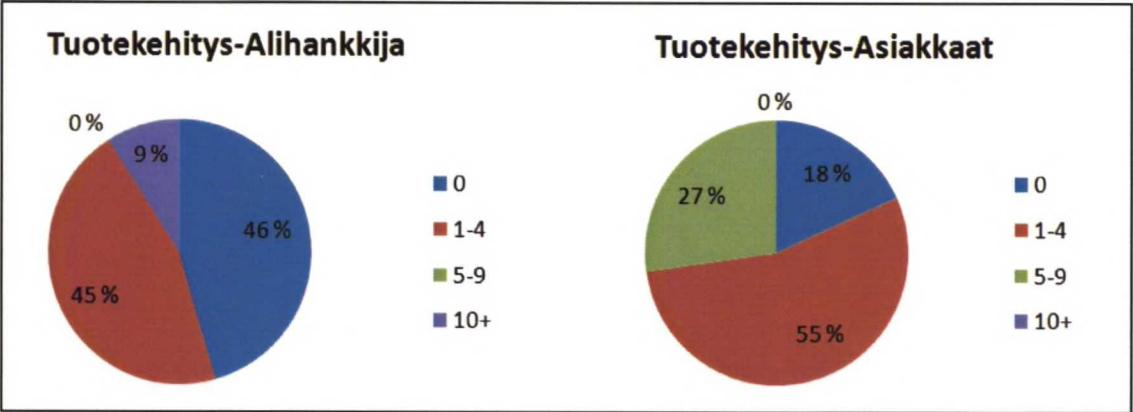
Kolmannessa kysymyksessä selvitettiin tuotekehityksen käymien kokousten määrää ja niihin osalistuvia sidosryhmiä. Haastateltavan tehtävänä oli arvioida omalta kannaltaan paljonko kokouksia pidetään ja millaisten sidosryhmien kanssa niitä käydään (kuva 19 ja kuva 20).

Haastateltavista suurin osa on todennut pitävänsä suunnittelukokouksia 1-4 kappaletta jokaisen sidosryhmän kanssa yhden projektin aikana. Osa näistä kokouksista on yhteiskokouksia, joissa useat sidosryhmät ovat saman pöydän ääressä, mutta pääjakona voidaan pitää selvää eroa sisäisiin ja ulkoisiin kokouksiin

Haastattelun tuloksista laskettuna keskiarvoksi saadaan 24 kokousta per projekti. Tämä kuulostaa suurelta määrältä, mutta kun huomioidaan että kokoukseksi lasketaan hyvinkin lyhyet tapaamiset tuotannon kanssa tai tuotekehitysosaston viikkopalaverissa tapahtunut tilannearvio, niin lukumäärän uskottavuus keskimääräisenä kokousmääränä kuulostaa on realistinen.



Kuva 19. Suunnittelun kokoukset sisäisten sidosryhmien kanssa.



Kuva 20. Tuotekehityksen kokoukset ulkoistensidosryhmien kanssa.

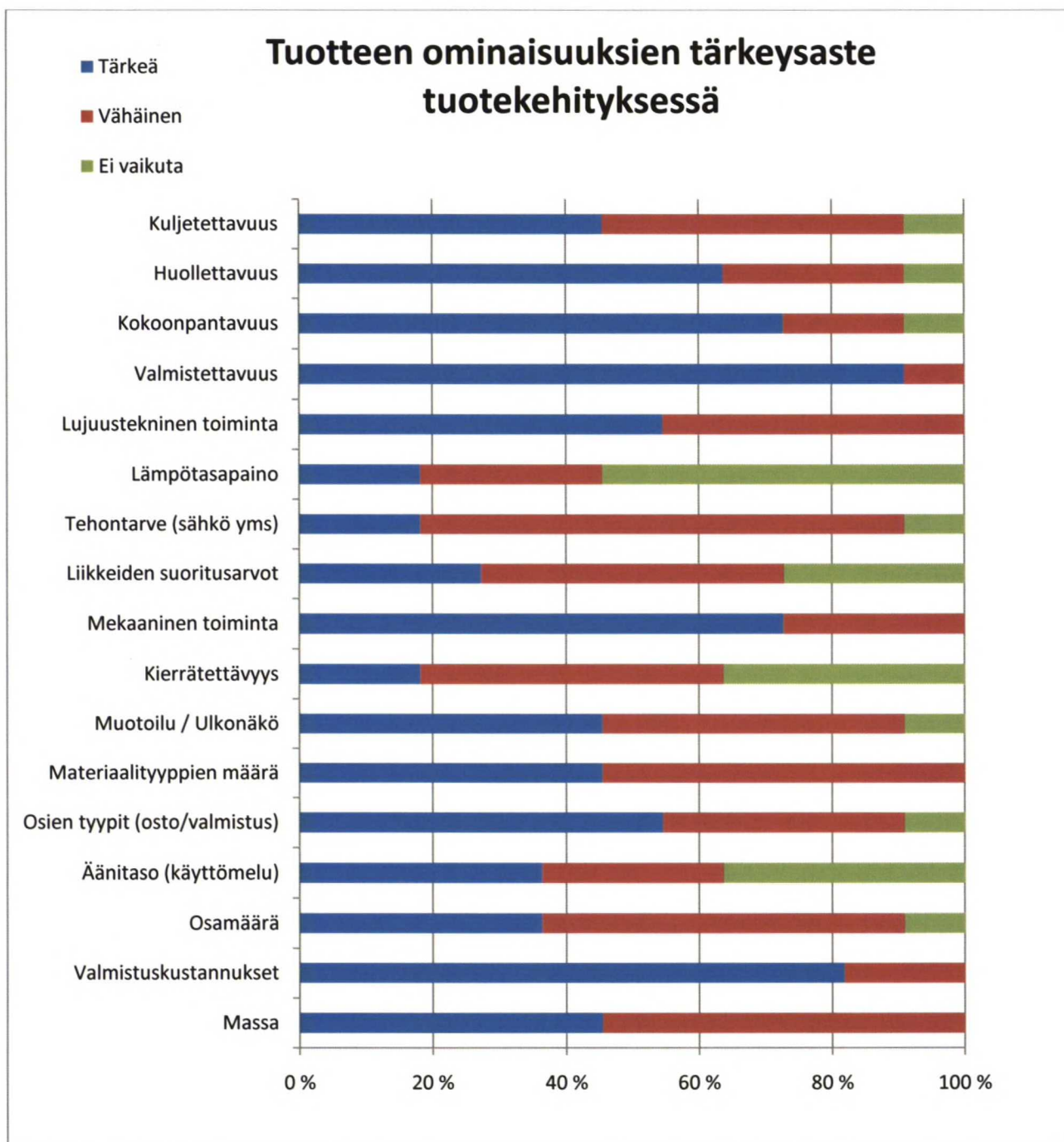
7.4 Tuoteominaisuuksien painoarvot

Neljäntenä kysymyksenä oli erilaisten ominaisuuksien merkitys haastatteluun osallistuneen mielestä. Vastauksia tulkittaessa on huomioita, että vastauksiin vaikuttaa huomattavasti haastateltavan edustaman yrityksen tuotteet, mutta osa ominaisuuksista on selvästi yhteneväisiä yrityksestä ja tuotteista riippumatta. Nämä yleiset ominaisuudet nousevat selvästi korkeammalle prioriteetille.

Vuoden 2010 aikana elinkaarisuunnittelu (Sustainability) on nousut enemmän esille, mutta se näyttäisi kuitenkin vielä olevan enemmän yleinen keskusteluaihe kuin osa tuotesuunnittelu prosessia. Tämän näkyy varsinkin siinä, että energiankulutukseen suoraan vaikuttavien ominaisuuksien merkitystä pidettiin hyvin pienenä haastateltavien mielestä.

Kysymyksen 6 tuloksista (kuva 21) on havaittavissa, että suurimman merkityksen saavat ominaisuudet, jotka on helppo mitata rahassa. Vastaavasti pienemmälle painoarvolle jäävät ominaisuudet, joita on vaikea mitata rahassa. Tälle hintapohjaiselle jaottelulle löytyy logiikka: ”tuote on saatava suunniteltua määrättyssä ajassa ja määrättyllä budjetilla”. Etenkin monimutkaisempien ominaisuuksien mittaaminen vaatisi prototyyppejä tai pitkäaikaisia käytännöntestejä ja tähän harvoin on varaa, ainakaan pienillä yrityksillä. Näin ollen on ollut selvää, että suunnittelussa on keskitytty saavuttamaan tuotteelle kriittiset ominaisuudet ja muista ominaisuuksista täytetään vain sellaiset, joiden mittaaminen on ollut kustannustehokasta.

Tuloksista voidaan nostaa esille se, että lähes kaikki haastateltavat pitivät valmistettavuutta ja materiaalmääriä erittäin tärkeänä mittarina hyvän tuotteen arvioinnissa. Osa kysymyksen sisältämistä ominaisuuksista ovat liitoksissa toisiinsa, kuten esimerkiksi tuotteen massa ja kuljetettavuus (toki kuljetettavuuteen vaikuttaa moni muukin seikka kuin vain massa). Kysymyksen tavoitteena oli järjestää ominaisuuksien lista tärkeysjärjestykseen. Näin saatiin hyvä lähtökohta diplomityön koosteraportin sisällölle.



Kuva 21. Haastateltujen mielipide erilaisten tuoteominaisuuksien tärkeydestä.

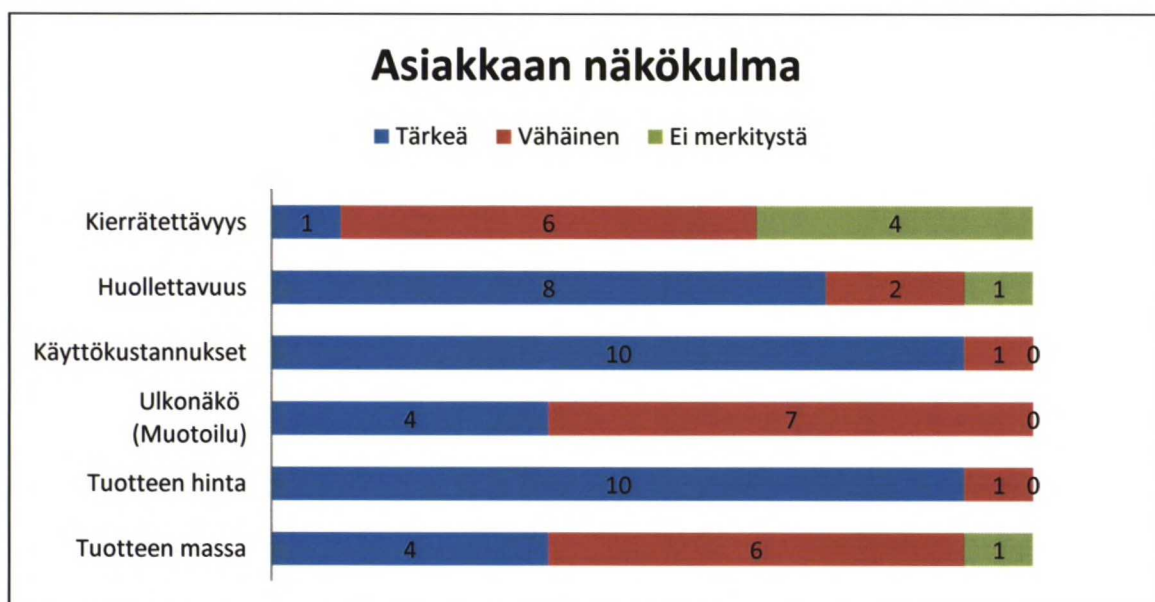
Haastattelun perusteella valmistuskustannukset ja valmistettavuus nousivat tärkeimmiksi tekijöiksi arvioitaessa tuotteen ominaisuuksia (kuva 21). Yksittäisen komponentin valmistettavuuden arviointi on pelkän mallista luetun metadatan perusteella hyvin haasteellista. Tarkemman valmistettavuusarvioin tuottamiseksi voitaisiin käyttää esimerkiksi DMF -ohjelmaa (esitelty kilpailijat osassa), joka laskee suunniteltavalle komponentille valmistusaika- ja kustannusarvioin.

7.5 Haastateltavan mielipide asiakkaan tarpeista

Tässä kysymyksessä haastateltavia pyydettiin arvioimaan heidän mielipidettään asiassa: Mikä on asiakkaiden näkökulmaa tuoteominaisuuksiin? Haastatelluista lähes kaikki pitivät tuotteiden kierrätettävyyttä asiakkaidensa mielestä vähäisenä vaikuttimena. Tässäkin tapauksessa muutamat vastaukset yllättivät verrattaessa niitä mediassa vuonna 2010 käytyyn yleiseen keskusteluun. Lähes kaikkien haastateltujen mielestä tärkeimmät ominaisuudet olivat hankintahinta ja käyttökustannukset (kuva 22).

Vastausten perusteella asiakaspalaverissa olisi pystyttävä kertomaan asiakkaalle ratkaisuihin, jotka yksinkertaistavat tuotteen toimintaa, tekevät siitä hankintahinnaltaan edullisemman ja laskevat tuotteen kokonaiskäyttökustannuksia.

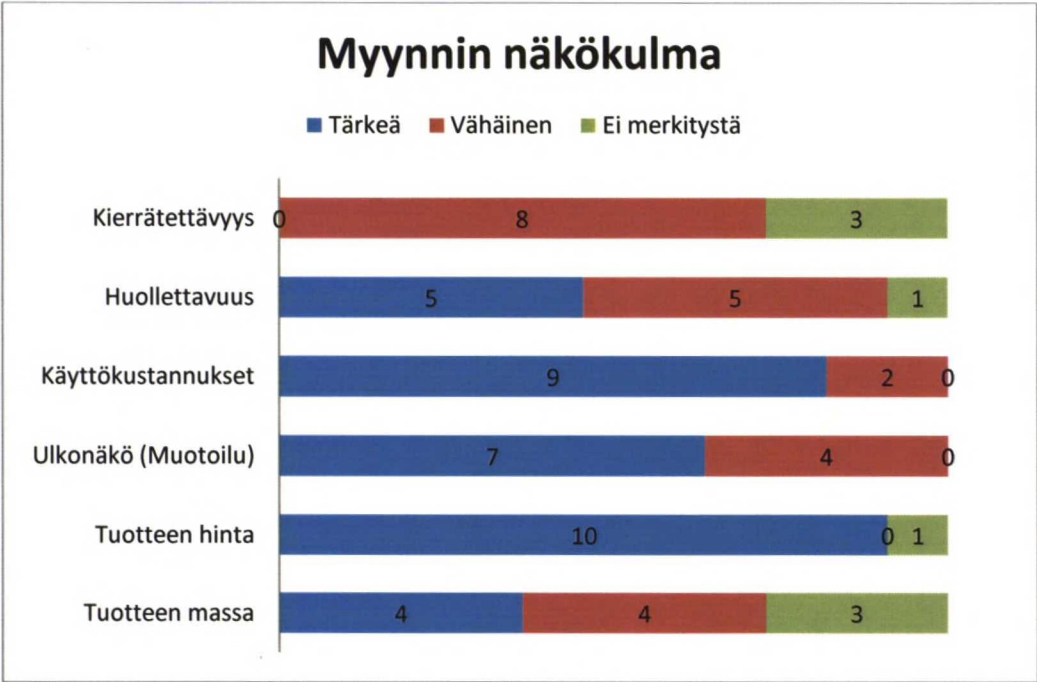
Toisaalta kysymyksen tulokset voivat olla seurausta siitä, että yrityksen sisällä vallitsee tilanne jossa myynti ja markkinointiosasto eivät ole saaneet viestitettyä oikeita asiakastarpeita suunnitteluosastolle.



Kuva 22. Kuvassa on esitetty haastateltujen henkilöiden mielipide heidän asiakkaidensa näkökulmasta tuotteiden ominaisuuksien tärkeydelle.

7.6 Myynnin näkökulma

Haastateltavia pyydettiin arvioimaan yrityksensä myyntiosaston näkemystä tuotteiden ominaisuuksista. Ominaisuuksien tärkeysaste (kuva 23) on pääasiallisesti hyvin samanlainen kuin edellisessä kysymyksessä, mutta vastauksissa on myös muutamia yllätyksiä. Kun asiakkaan uskottiin olevan kiinnostunut tuotteen kierrätettävyydestä, niin myyntiosasto ei ole saanut kierrätettävyydelle yhtään arviota ”tärkeä”. Toinen silmiin pistävä oletus haastateltavalla oli, että myyntiosasto arvostaa tuotteen ulkonäköä enemmän kuin asiakas.



Kuva 23. Kuvassa on esitetty haastateltujen henkilöiden mielipide myynnin odotusarvoista suhteessa tuotteen ominaisuuksiin.

7.7 Haastattelun yhteenveto

Haastattelun tuloksena voidaan todeta, että vaikka yritykset ovat hyvinkin erilaisia, määrätyt mittarit ovat samoja jokaisessa yrityksessä. Kaikki haluavat mahdollisimman halvan ja vähän komponentteja sisältävän tuotteen, joka näyttää hyvältä ja on helppo valmistaa.

Yrityksissä on samanaikaisesti käynnissä useita projekteja, jotka joko tuottavat uusia tai parantavat vanhoja tuotteita. Tuotteen ominaisuuksien hallinta ja niiden toteutumisen seuraaminen on haastavaa. Tutkittavia ominaisuuksia on paljon ja niitä arvioidaan useita

kertoja koko projektin aikana. Tämä vaatisi mahdollisuuden tuottaa selkeä ja yksinkertainen kooste tuotteen ominaisuuksista. Hyvin tyypillistä on, että tuote- ja vaatimuksien tarkistustiedot ovat hajautuneet erillisiin työpiirustuksiin ja kokousmuistioihin.

Kokonaisuuden kannalta on oleellista, että tuotteen sisältämät suunnitteluratkaisut ovat läpinäkyviä kaikille sidosryhmille. Erilaiset tuotekehityksen aputyökalut pyrkivät avustamaan tässä tiedon välittämisessä. Jos tietoa ei pystytä koostamaan yhteen yhtenäiseksi tiedoksi, niin silloin valitettavasti tuotekehityspalaverien aikana joudutaan tutkimaan ja etsimään tietoa. Tämä johtaa tilanteeseen jossa palaverin aikana ei pystytä tekemään päätöksiä, vaan aika menee tiedon etsimiseen.

Olen työni puolesta vieraillut syksyn 2010 aikana noin 30 yrityksessä ja esiintynyt kahdeksassa seminaarissa - kaikki nämä tilaisuudet ovat liittyen 3D-CAD järjestelmän ominaisuuksien käyttöönottoon. Näissä tilaisuuksissa käydyt keskustelut tuotekehityssinsinöörien kanssa, antavat kaikki samansuuntaisen tuloksen; tuotteen valmistushinta on kaikkein merkittävin tekijä suunnittelijoille. Kuitenkin hinnan määrittäminen komponentille, saati kokoonpanolle, koetaan hyvin hankalaksi. Vaikka yrityksessä olisikin hyvin tarkka seuranta käytetyistä työtunneista ja materiaaleista, ei uuden tuotteen kustannuksia pystytä etukäteen määrittelemään pelkästään ohjelmien avulla. Tähän työhön tarvitaan aina ihminen ja vieläpä sellainen ihminen jolla on kokemusta vastaavien tuotteiden valmistamisesta ja yrityksen valmistusprosesseista.

Tuotesuunnittelussa kustannuksien laskeminen suunnitelmalle on kaikkien haastatteluun osallistuneiden henkilöiden mielestä oleellisin asia. Tämä tehtävä on kuitenkin suunnitteluprosessin aikana hankalaa nykyisillä käytössä olevilla työkaluilla. Esimerkkisi yksittäisen osan materiaali- ja aihiovalinnan jälkeen kustannuksen muodostumisen kannalta on ostajalla vielä hyvin suuri vaikutus lopulliseen kustannukseen.

Tutkittaessa yksittäisen komponentin kustannuksien syntymistä, on prosessissa monia vaiheita jotka vaikuttavat komponentin hintaan; muun muassa se mistä materiaali ostetaan, paljonko sitä ostetaan ja kuinka se varastoidaan. Tämän jälkeen kokonaishintaan täytyy vielä lisätä kustannukset valmistetun osan varastoinnista ja sen asentamisesta paikoilleen tuotteeseen. Jos hankittava komponentti on ostettava tai alihankittava komponentti, niin tällaisen osan kustannuksien määrittämisessä haasteena on valita oikea lähde hinnalle. Hinta voi olla esimerkiksi viimeisen tilauksen tai tarjouksen hinta tai se voi olla edellisten tilauksien minimi-, keski- tai maksimihinta. Jokainen näistä antaa erilaisen lopputuloksen kokonaishinnasta, mutta mikään niistä ei ole absoluuttisen oikea. Kun tämä ajatusmalli viedään koko tuoterakenteen läpi, niin hintavariaatioiden määrä moninkertaistuu. Tämän hintatiedon käsitteleminen ja kuvaaminen tuotekehitysprojehtin edetessä olisi mielenkiintoinen, mutta kuitenkin erillinen projekti.

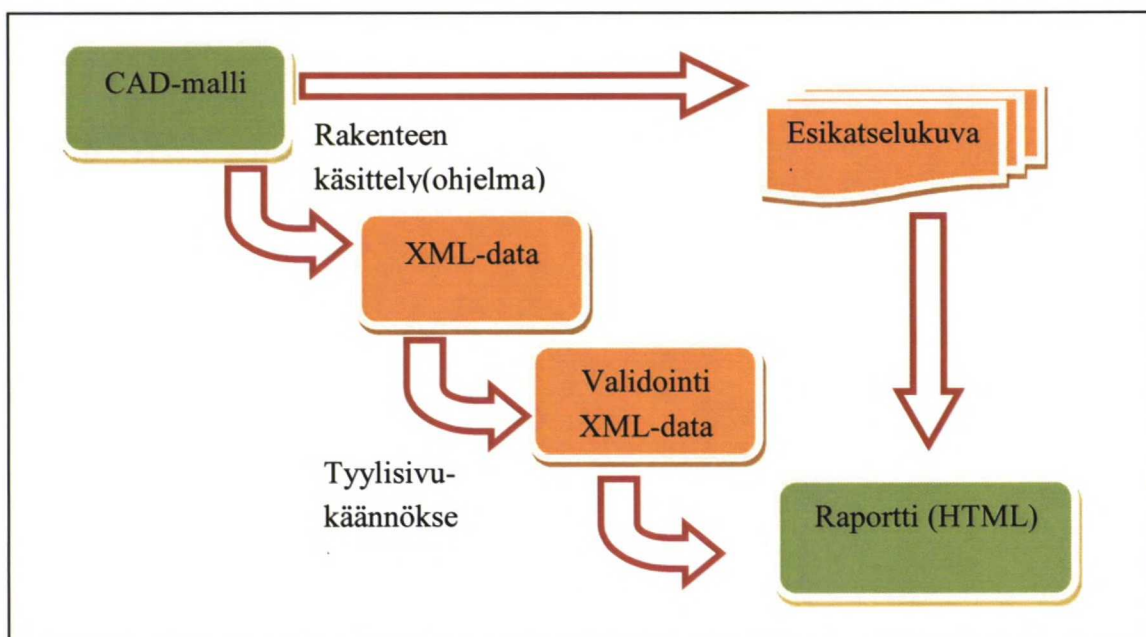
8. Tuotesuunnitelmaraporttityökalun määrittely

Diplomintyön tarkoituksena oli luoda koosteraportti, joka tukee tuotesuunnittelua tuotekehitysprojektin CAD-suunnittelussa. Tämä raportti koostetaan CAD-mallista luettavasta informaatiosta. Informaation on luonteeltaan dynaamista; jos käyttäjä esimerkiksi muuttaa jonkin osan geometriaa, niin hankittava raaka-aine muuttuu. Tästä syystä oli hyvin nopeasti selvää, että raportti täytyy tuottaa ohjelmallisesti. Asiakashaastattelu vahvisti, että raportille olisi kysyntää SolidWorks asiakaskunnassa. Kilpailija-analyysin perusteella voitiin todeta, että vastaavaa tuotetta ei vielä ole markkinoilla.

Koosteraportin varsinainen määrittely ja ohjelman koodaustyö aloitettiin asiakashaastattelun ja kilpailija-analyysin perusteella. Määrittelyn ensimmäisenä vaiheena oli selvittää, millaisilla tekniikoilla ja tiedostoformaateilla koosteraportti voidaan tuottaa. Koosteraportin tuottavan ohjelman tehtävänä on kerätä 3D-CAD mallista tietoja ja koostaa niistä raporttiedosto. Tämän ohjelman koodaaminen ja ohjelmalla tuotettava koosteraporttiformaatti oli tämän diplomityön varsinainen tulos, joka luovutettiin sen tilaajalle (CadWorks Oy).

8.1 Työkalun toimintaperiaate

Raportointityökalun lähtötiedot ovat 3D-mallille syötettyjä tekstitietoja, metadataa. Nämä tiedot perustuvat käyttäjän syöttämiin arvoihin (materiaali, aihio, nimitys jne.). Osa tiedoista luetaan malligeometriasta (massa, tilavuus, mitat). Ohjelman toimintaperiaate on kuvattu kuvassa 24.



Kuva 24. Diplomityön koosteraporttiohjelman toimintaperiaate.

Osa 3D-mallissa olevista tiedoista on koodattu yrityskohtaisesti, käyttäen erilaisia metatiedon avainsanoja (metatieto koostuu avaimesta ja arvosta, esimerkiksi Nimitys = Palkki). Tämän asian johdosta metadata joudutaan validoimaan ja suodattamaan, jotta siitä voidaan koostaa raportti. Validointielementti on se osa raporttiohjelmaa, jolla raporttityökalu mukautetaan asiakasympäristöön.

Koosteraportin luominen aloitetaan sillä, että luetaan CAD-ohjelmasta tuoterakenteen sisältämät tiedot. Nämä tiedot kirjoitetaan välitiedostoihin käyttäen XML-tiedostomuotoa. XML-datan käsittely on tekstipohjaista tiedon käsittelyä, joka soveltuu erinomaisesti tällaisen merkkijonoja sisältävän tiedon suodattamiseen. XML-tieto koostuu myös avain-arvo -pareista kuten metatieto. CAD-mallin kokoonpanorakenteen käsittelyssä ensimmäiseksi kirjoitetaan XML-tiedot rakenteesta mallikohtaisesti, jolloin kysellään mallista lisätietoja (ulkomitat, massa, tilavuus). Tämän jälkeen raporttiohjelma koostaa XML-tyylisivua käyttäen erilliset välitiedostot yhteen siten, että jokainen komponentin käyttökerta tuottaa yhden mallirivin tiedoston sisällä. Tämä mahdollistaa komponenttien kokonaismäärien laskemisen (W3C, 2008). Seuraavaksi välitiedostosta suodatetaan XML-tyylisivun ja validointitiedon perusteella oikeat metadatatiedot oikeiden avainsanojen alle. Tässä vaiheessa tehdään myös virhetarkistusta, esimerkiksi jos jotakin kriittistä tietoa ei ole syötetty, niin tietorakenteeseen talletetaan virhemerkintä (W3C, 2008). Viimeisessä vaiheessa käytetään XML-tyylisivua, jolla muotoillaan tieto oikealla raporttipohjalle HTML-muotoon (W3C, 2008).

8.2 Koosteraporttiohjelman käyttöliittymä

Koosteraporttiohjelman käyttöliittymän suunnittelu alkoi käyttäjien haastattelussa kertomista tarpeista. Koodatessa työkalua tuli selväksi, että raportoinnin nopeus on oleellinen mittari sille kuinka hyvä työkalu on kyseessä. Tästä syystä ohjelman käyttöliittymässä käyttäjän on vastattava kysymyksiin, jotka vaikuttavat tulostusnopeuteen; esimerkiksi otetaanko esikatselukuvat mukaan jne.

Raportin sisältö käsitellään XML-formaatissa ja lopputulos kirjoitetaan HTML-tiedostoon, jossa kuvat ovat linkkeinä kovalevyllä oleviin tiedostoihin. HTML-tiedostomuoto on kevyt ja helposti hallittava tiedostomuoto. HTML-tiedostomuodon haasteena ovat monet tiedostot, jotka tarvitaan kokonaisen raportin näkemiseksi (linkitetyt kuvat). Vaihtoehtoisesti koosteraportti voidaan tallettaa mHTML -formaattissa (tiedostoformaatti jossa kuvatiedostot on upotettu mukaan). Tämä formaatti tarjoaa helpon ja yksinkertaisen keinon välittää tietoa esimerkiksi sähköpostilla tai tallettaa koosteraportti dokumentinhallintajärjestelmään. Myös PDF -formaattia tutkittiin vaihtoehtona, mutta A4-paperin aiheuttamat rajoitteet taulukkojen leveyksissä määräsivät koosteraportin tulosteformaatin HTML-muodoksi.

8.3 Koosteraportin sisältö


Seuraavassa käydään läpi koosteraportin sisältö. Mallista luettu tieto jäsennetään ja esitetään erilaisina tietojen yhdistelminä. Raportilla esitetään samaa tietoa useaan kertaan, esimerkiksi komponentin massa, mutta raportin jokaisella alaotsikolla on oma kohdeyleisö suunnittelun sidosryhmissä. Raportin kansiosassa (Kuva 25) kerrotaan raportilla esitetyn kokoonpanon tiedot ja kuvataan esimerkiksi pakkaamisen kannalta oleellisia tietoja, kuten massa ja päämitat.

100009

Hoitotaso

Revisio/Versio: PRE
Version päiväys: 24.12.2010

Raporttipäivä: 22.01.2011 13:59:12
Tekijä: Käyttäjä
Yritys: Company Ltd



Nimitys:	Hoitotaso
Numero:	100009
Tiedosto:	100009.SLDASM



Massa:	339,42 kg
materiaalitilavuus:	0,05 m3

Pituus:	m
Leveys:	m
Korkeus:	m
Tilantarve:	m3

Kuva 25. Koosteraportin otsikkotiedot.

8.3.1 Suunnittelun tila

Suunnittelun tila -osassa (kuva 26) koostetaan kokoonpanossa olevien mallien työvaiheet (PDM-Workflow State). Tyypillisimmät työkierronvaiheet ovat: suunnittelussa, tarkastuksessa, valmistuksessa ja poistunut. Tämä tilatieto on tyypillisimmin PDM -järjestelmän ohjaamaa tietoa. Tilatiedolla voidaan esimerkiksi ohjata tiedostojen näkyvyyttä yrityksen sisällä tai tuottaa erilaisia esiohjelmoituja toimintoja kun tiedosto siirtyy tilasta toiseen.

Suunnittelun tila					
Kokoonpanossa olevien tiedostojen tila. Tila määräytyy joko PDM järjestelmän tai suunnittelijan antaman luokituksen mukaan.					
Status	Kpl	% kappaleista	File		StatusName
	27	100,00	Assembly	45645	 No Status
			Part	97987	
			Part	6745	
			Part	7878	
			Part	897987	

Kuva 26. Raportin suunnittelutila kertoo suunniteltujen elementtien statuksen.

8.3.2 Suunnittelu aika

Suunnittelu aika -osiossa (kuva 27) esitetään kokoonpanossa olevien nimiketietojen määrät niiden suunnitteluajan perusteella. Taulukon tarkoituksena on kertoa siitä, moniko tiedostoista on suunniteltu ennen pääkokoonpanoa ja moniko niistä on suunniteltu pääkokoonpanon jälkeen. Kun suunnittelupäivänä käytetään päiväystä jonka suunnittelija on itse kirjoittanut mallille, niin tämä tieto ei ole kuitenkaan absoluuttisen yksiselitteinen tapa tarkistaa asiaa. Mallitiedostossa ei kuitenkaan ole mitään sellaista absoluuttista päivämäärätietoa, jonka perusteella tiedon voisi paremmin päätellä.

Suunnittelu aika

Pääkokoonpanon päivämäärästä on kulunut 29 päivää.

Suunnittelupäivää verrataan pääkokoonpanon päivämäärään.

	ennen	Samana päivänä	jälkeen	Ilman koodia olevat	Yhteensä
jakauma	10 %	3 %	25 %	0 %	
kpl	3	1	25	0	29

Kokoonpanossa olevien nimikkeiden suunnittelupäivämäärät sijoittuvat aikajanelle seuraavasti:










	>12 kk	12-6 kk	6-1 kk	4-2 vki	0-2 vki	0	0-2 vki	2-4 vki	1-3 kk	3- kk	ei päivää
kpl	3	0	0	0	0	1	25	0	0	0	0

Kuva 27. Suunnittelu aikaosassa näkyy milloin tuotteen mallit on suunniteltu.




Tutkittaessa kokonaiskustannuksia tuotteen elinkaaren ajalta, on todettu että uuden nimikkeen suunnittelu on aina suurehko kustannus yritykselle. On siis oleellista pystyä selvittämään paljonko uusia nimikkeitä kokoonpanossa on. Uusien nimikkeiden suunnittelukustannus on hyvinkin useita satoja euroja, kun otetaan huomioon kaikki aika joka uuden nimikkeen täydelliseen suunnitteluun tarvitaan. Siis jos koosteraportilta voidaan lukea tieto kokoonpanossa olevista uusista ja vanhoista komponenteista, niin sen tiedon perusteella voidaan päätellä millainen kustannusvaikutus näiden osien lisäämisellä tuotteeseen on.

8.3.3 Komponenttien määrät ja tyypit

Koosteraportin toisessa osuudessa luetellaan mallissa olevat kokoonpanot ja osat (kuva 28). Kuvassa oleva taulukko esittää mallissa olevien erilaisten komponenttien määrät. Tyypillisesti kokonaiskomponenttimäärällä ei ole merkitystä yksittäisessä tuotteessa. Yleisesti suunnittelusääntönä kuitenkin pidetään, että mitä vähemmän komponentteja kokoonpanossa on, niin sen edullisempi tuote on valmistaa. Kun verrataan saman tuotteen suunnittelunaikaisia versioita, niin voidaan nähdä onko komponenttimäärä kasvanut vai pienentynyt (Lahden Ammattikorkeakoulu, 2008, s. 32).

	kpl	
 +  Komponentteja	53	
 Kokoonpanoja	6	
 Erilaisia kokoonpanoja	6	
 Kokoonpanotasoja	2	
 Osien kokonaismäärä	47	
 Erilliset komponentit	23	
 Kiinnityskomponenttien summa	0	
 Erilaisia kiinnityskomponentteja	0	

Symbolit:




























	< 20kg, nostettavissa yhdellä
	20-40kg, kaksi henkilöä tarvitaan siirtelyyn
	>40kg, nostolaite välttämätön

Kuva 28. Mallitietojen otsikkoalueessa kerrotaan pääkokoonpanon komponenttimäärät.

Kokoonpanot

Kokoonpanotiedostoista koosteraportille kerätään komponenttimäärät ja kiinnityskomponenttimäärät. Kiinnityskomponenttimäärän avulla lasketaan liitosteho, joka on kiinnityskomponenttien määrä suhteessa kiinnitettäviin komponentteihin (Lahden Ammattikorkeakoulu, 2008, s. 35). Kiinnitystehokkuus antaa suhteellisen kertoimen, jolla kahden suunnitelman kokoamisen työmäärää voidaan vertailla, Kuvassa 29 kokoonpanoissa ei ole kiinnityskomponentteja, joten tehokkuus on merkitty NaN.

Taulukossa on omana sarakkeenaan kokoonpanon massa sekä symboli tuotteen nostamiseen tarvittavasta laitteesta tai työvoimasta. Ohjelmassa on nyt asetettuna 20 kg raja-arvo komponentinmassalle, jolloin nostamiseen ehdotetaan kahta henkilöä ja jos massa on yli 40 kg, niin silloin ehdotetaan nostolaitetta. Tämä tieto kertoo suunnittelijalle siitä, kuinka helppoa kokoonpanoa on siirtää ja käsitellä.

Kokoonpanotietoja												
Mallissa olevat kokoonpanot niiden kiinnityselementtien määrät ja suhdeluku.												
	Tila	Numero	Nimitys	Kpl	Massa(kg)	Nostolaite	Kiinnitystehokkuus ( + ) / 	 erilaisia	 Summa	 +  erilaiset	Komponenttimäärä	
		100009	Hoitotaso	1	339,42		NaN	0	0	9	21	 Open
		45645	Runko	1	128,53		NaN	0	0	7	15	 Open
		66151	Kaide	1	21,85		NaN	0	0	4	6	 Open
		651651	Kaide	1	21,85		NaN	0	0	4	6	 Open
		51651	Kaide	1	8,09		NaN	0	0	2	2	 Open

Kuva 29. Kokoonpano-osio esittää jokaisen rakenteessa olevan kokoonpanon.

Komponentit

Osakomponenteista raporttiin kuvataan erikseen osto-osat ja valmistettavat komponentit. Osien listauksessa kerrotaan mistä aihioista osat valmistetaan ja paljonko niitä on kappalemääräisesti (kuva 30).

Komponentin massa antaa viiteen tarvittavasta nostolaitteesta, jolloin tuotannonsuunnittelu pystyy nopeasti reagoimaan valmistettavuuteen.

Osat												
Listaus kokoonpanossa olevista valmistettavista komponenteista:												
Tyyppi	Tila	Määrä	Nimitys	Numero	Aihio	Massa(kg)		Mitat	Materiaali	Materiaali hukka %		
		1	Rungon sivupelti	7878	 LEVY	41,04		PL6 252x3488	1.0116 (S235J2G3)	0		Open
		1	Rungonprofiili	897987	 LEVY	41,04		PL6 1988x252	1.0116 (S235J2G3)	0		Open
		1	Päätyprofiili	97987	 LEVY	13,36		PL6 1488x252	S235JRG2	24		Open
		1	Päätylevy	6745	 LEVY	13,36		PL6 1488x252	1.0116 (S235J2G3)	24		Open
		1	Putki	6785846	 PUTKI	12,89		D50x2 L=5490	1.0114 (S235J0)	0		Open
		1	Putki	567567	 PUTKI	12,89		D50x2 L=5490	AISI 304	-9		Open
		2	Tukirauta	987987	 LEVY	7,92		PL6 1200x150	S235J2G3	7		Open
		1	Putki	51651	 PUTKI	6,78		Ø50x2 L=3590	AISI 304	0		Open
		1	Putki	68764643	 PUTKI	6,61		D50x2 L=2817,3	AISI 304	-9		Open
		1	Runkotukirauta	968574	 LEVY	3,09		PL6 3476x160	missing	7		Open
		1	Putki	5115	 PUTKI	2,20		Ø42x2 L=1135,5	1.0114 (S235J0)	1		Open

















Kuva 30. Osalistaus kertoo millaisia valmistettavia komponentteja kokoonpanoon kuuluu.

3D-mallilta voidaan kysyä valmistetun komponentin massa. Aihion massa lasketaan aihiotiedon perusteella, kun tiedetään materiaalin tiheys. Näiden suhteesta voidaan määrittää komponentille materiaalin hukkaprosentti (kuva 30). Hukkaprosentin määrittely ei ole absoluuttista, koska esimerkiksi levykappaleella venymälaskenta aiheuttaa muutoksen kappaleen tilavuuteen suhteessa määritettyyn aihioon (materiaalin venymisen vaikutusta ei kuvata tarkasti CAD-mallissa). Hukkaprosentti kuitenkin antaa arvion kappaleen valmistamisen aikana häviävästä materiaalista. Tämä on esimerkiksi sorvaamalla valmistettavan kappaleen sorvausjätettä.

Hukkaprosentin kannalta on huomioitava että levymäisten leikattavien komponenttien sijoittelulla levyaihiolle voidaan saavuttaa huomattavia materiaalisäästöjä, mutta tähän säästöön ei ahiomitoista laskettavalla hukkaprosentilla voida viitata. Ns. nestauksen tehokkuus tulee esiin vasta kun tuotantosuunnittelu pääsee yhdistämään useamman samanaikaisen projektin ja siten tuottamaan kokonaiskuvan käytettävien ahioiden hukkaprosentista (Gerhard Pahl, 1990).

Osto-osat

Osto-osien listauksessa (kuva 31) kerrotaan kokoonpanossa olevien osto-osien tiedot ja niiden määrät. Listauksen perusteella voidaan suorittaa alustava hinta-arvio tai tarjouspyyntö komponenteista.

Osto-osat												
Listaus kokoonpanossa olevista valmistettavista komponenteista:												
Tyyppi	Tila	Aihio	Kpl	Nimitys	Numero	Massa(kg)	Mitat	Määrä	Kokonaismäärä			
		€ OSTO	7	Rätilä - Verkko	51521	10,71	 PL50 450x778	1 kpl	7 kpl		Open	
		€ OSTO	7	Rätilä - Verkko	1555	9,00	 PL50 450x728	1 kpl	7 kpl		Open	
		€ OSTO	1	Rätilä - Verkko	76677766A	7,22	 PL50 778x278	1 kpl	1 kpl		Open	
		€ OSTO	1	Rätilä - Verkko	165165	6,06	 PL50 450x728	1 kpl	1 kpl		Open	

Kuva 31. Osto-osalista kertoo millaisia osto-osia pääkokoonpanoon kuuluu.




Useasti tuotteeseen kuuluu joitakin osto-komponentteja, joiden toimitusaika voi olla ratkaiseva koko tuotteen toimittamisen kannalta. Tällaisten komponenttien havaitseminen tuotteen rakenteessa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa on hyvin merkittävää etu. Näin voidaan keskittyä tilaamaan tarvittavat komponentit riittävän aikaisin. Tällöin myös suunnittelu osaa rakentaa loput tuotteesta näiden reunaehtojen ympärille.

8.3.4 Aihiot

3D-malliin sisältyvän ahiotiedon perusteella voidaan laskea materiaalienekki. Perinteisesti 3D-CAD -mallin tilavuus ei vastaa materiaalitavetta. CAD-mallin on tarkoitus olla valmiin geometrian esitys. Tästä syystä ahiion tilavuus ja massatiedot täytyy laskea matemaattisesti annetuista mitoista. CustomWorks -ohjelmassa on mittalinkitys toiminto, jolla kappaleen mitoista voidaan luoda dynaamiset linkityksen osaluetteloon. Tällöin mittatiedot päivittyvät piirustukseen 3D-malli muutosten mukana. Näistä mittatiedoista lasketaan ahiion tilavuus ja materiaalihiheyden avulla massa. Tämä laskenta voidaan tehdä vain yksinkertaisille standardi-materiaaleille, joissa muodon mitoista laskenta on mahdollista.

Aihiolistaus

Aihiolistaus (kuva 32) kerää tuotteessa käytetyt aihiot aihiotyypeittäin. Aihiotieto sisältää aihion muodon, materiaalin ja koko tiedon. Tämän listan tarkoituksena on ensisijaisesti näyttää millaisista materiaaleista tuotteen komponentit valmistetaan ja antaa näin suunnittelulle mahdollisuuden nähdä ”ostolistan” aihioista.

Aihiot					
Erilaisia aihiota käytössä: 14					
Aihioiden yhteismassa: 196,87 kg					
 Levy	Aihio	Kpl	Määrä(m2)	Massa (kg)	% koko massasta
	PL6 1.0116 (S235J2G3)	3	2,13	99,82	50,7
	PL6 S235J2G3	2	0,36	16,96	8,6
	PL6 S235JRG2	1	0,37	17,55	8,9
	PL6 missing	1	0,56	3,34	1,7
 Latta	Aihio	Kpl	Määrä(m)	Massa (kg)	% koko massasta
	50x10 S235J2G3	8	1,65	0,82	0,4
 Putki	Aihio	Kpl	Määrä(m)	Massa (kg)	% koko massasta
	D42x2 1.0114 (S235J0)	2	2,21	4,32	2,2
	D48,20x1 1.0114 (S235J0)	2	2,19	2,54	1,3
	D50x2 1.0114 (S235J0)	1	5,49	12,91	6,6
	Ø42x2 1.0114 (S235J0)	1	1,14	2,23	1,1
	Ø48,20x1 1.0114 (S235J0)	2	2,19	2,54	1,3
	D42x2 AISI 304	1	1,16	2,28	1,2
	D50x2 AISI 304	2	8,31	17,91	9,1
	Ø42x2 AISI 304	4	3,48	6,86	3,5
	Ø50x2 AISI 304	1	2,82	6,79	3,5

Kuva 32. Aihiolista kertoo komponentteihin tarvittavat ahiomuodot ja määrät.

8.3.5 Materiaalilistaus

Materiaalilistaus (kuva 33) näyttää kokoonpanossa olevien komponenttien materiaalitarpeen. Materiaalin määrä lasketaan komponentin aihiotiedon kautta syntyneestä materiaalin massatarpeesta. Tällöin voidaan laskea hyvin karkea hankintahinta-arvio tuotteesta, koska materiaalien kilohinnat jokainen suunnittelija tietää (Saarijärvi, 2010).

Toinen käyttökohde tälle materiaalilistaukselle on virhetarkistus: materiaalitasolla esitettävässä listauksessa paljastuu helposti pienet materiaalmäärät, jotka ovat päässeet syystä tai toisesta tuotesuunnitelmaan. Näin suunnittelija pystyy päättämään, onko jonkin aihiotyyppin välttämien viisasta ja siten yksinkertaistaa ostettavien materiaalien määrää.

Hyötyprosentti antaa arvion valmiiden komponenttien materiaaleista suhteessa hankittaviin materiaaleihin. Tämä tieto auttaa suunnittelijaa näkemään suunnitelman tehokkuutta materiaalien käytön kannalta.

Materiaalit						
Materiaaleja 6 kappaletta käytetty kokoonpanossa. Kokoonpanoon tarvittavan materiaalin määrä: 0 kg. Kokonaishyötyprosentti materiaalista: 95,59 % (ostettavien materiaalien määrä suhteessa valmiiden komponenttien massaan) Huom! Levyosien nestauksella ja metritavaran leikkauksen optimointia ei ole otettu huomioon.						
Materiaali	Massa	% kokonaismassasta	Yksiköt Kpl	Massa(kg)	Summa	Malli
1.0114 (S235J0)	24,53 kg	12 %	1	12,91 kg	12,91 kg	Default@6785846.SLDPRT
			1	2,23 kg	2,23 kg	Default@5115.SLDPRT
			2	1,27 kg	2,54 kg	Default@4565.SLDPRT
			2	1,27 kg	2,54 kg	Default@5165.SLDPRT
			2	2,16 kg	4,32 kg	Default@651651.SLDPRT
1.0116 (S235J2G3)	99,82 kg	51 %	1	17,55 kg	17,55 kg	Default@6745.SLDPRT
			1	41,14 kg	41,14 kg	Default@7878.SLDPRT
			1	41,14 kg	41,14 kg	Default@897987.SLDPRT
AISI 304	33,85 kg	17 %	1	1,31 kg	1,31 kg	Default@456456.SLDPRT
			1	1,34 kg	1,34 kg	Default@51515.SLDPRT
			1	11,84 kg	11,84 kg	Default@567567.SLDPRT
			1	2,28 kg	2,28 kg	Default@516161.SLDPRT
			2	2,11 kg	4,22 kg	Default@15151.SLDPRT
			1	6,08 kg	6,08 kg	Default@68764643.SLDPRT
			1	6,79 kg	6,79 kg	Default@51651.SLDPRT
S235J2G3	17,78 kg	9 %	8	0,1 kg	0,82 kg	Default@366636.SLDPRT
			2	8,48 kg	16,96 kg	Default@987987.SLDPRT
S235JRG2	17,55 kg	9 %	1	17,55 kg	17,55 kg	Default@97987.SLDPRT
missing	3,34 kg	2 %	1	3,34 kg	3,34 kg	Default@968574.SLDPRT

Kuva 33. Materiaalilista kertoo kokoonpanossa käytettävät materiaali.

8.3.6 Tiedostot

3D-CAD -käyttäjän kannalta on erittäin oleellista tietää mistä kansioista tiedostot tulevat ja montako tiedostoa on käytetty. On hyvin tyypillistä, että suunniteltaessa uusia tuotteita lainataan osia toisista projekteista. Nämä osat lisätään kokoonpanoon, mutta niiden tiedostot olisi myös kopioitava tälle projektille. Raportin näyttämällä listauksella nähdään mistä kansioista tiedostoja käytetään. Näin voidaan välttää sellaisia tilanteita, joissa muutetaan väärin projektien tiedostoja tai vahingossa tuhotaan tietoja, koska luullaan että jossakin kansiossa olevat tiedostot ovat tarpeettomia.

8.3.7 Virhelista

Koosteraportin tarkkuus on erittäin riippuvainen 3D-malleille syötetyistä metatiedoista. Esimerkiksi jos joltakin osalta puuttuu aihiotieto, niin sen materiaalit jää pois kokonaismääristä ja siten tämä puuttuva tieto vaikuttaa negatiivisesti koko raportin sisältöön. Yksi keino esittää koosteraportin tarkkuutta on näyttää hukkaprocentti, joka on esitetty aihiokohdassa. Jos ahiomassa on pienempi kuin lopullisen tuotteen osien massa, niin silloin voidaan todeta että tältä osin tiedot mallissa on joko virheellisiä tai puutteellisia.

Koosteraportin sisältämän tarkkuuden kannalta seuraavat kohdat nousivat esille pilottiasiakkaiden kertomana:

1. **Numero** - nimikekoodi täytyy olla, jotta rakenne voidaan siirtää tuotannonohjaukseen.
2. **Aihio** - valmistussuunnittelun kannalta on tiedettävä mitä kyseinen nimike muodostuu.
3. **Materiaali** - materiaali määrittää CAD-mallissa useita asioita: tiheys, ulkoasu, lujuuslaskenta-arvot jne.
4. **Mittatiedot** - jos osassa ei ole linkitetty mittatietoja mallin parametreista, niin sen osaluettelotiedot eivät tulostu oikein. Tämä virhe heijastuu myös ahiomassojen laskentaan.

Kun tuotesuunnitelma on valmis tuotantoon, jokaisen virhelistauksen taulukon on oltava tyhjä. Tällöin voidaan todeta, että tuotteen metatieto on määritelty täydellisesti. Toki tämä ei vielä tarkoita että metatieto olisi täytetty oikein. Kuvassa 34 näkyy virhelistaus, jossa kokoonpanomallissa on yksi komponentti, jonka materiaalitieto puuttuu.

Virheelliset tai puuttuvat tiedot										
Numerotieto puuttuu										
Tyyppi	Tiedosto	Konfiguraatio	ProdType	Tila	Määrä	Nimitys	Aihio	Massa(kg)	Mitat	Materiaali
Mallit joista puuttuu aihio										
Tyyppi	Tiedosto	ProdType	Tila	Määrä	Nimitys	Numero	Massa(kg)	Mitat	Materiaali	
Osat joista puuttuu materiaali										
Tyyppi	Tiedosto	ProdType	Tila	Määrä	Nimitys	Numero	Aihio	Mitat		
	968574.SLDPRT	MAKE		1	Runkotukirauta	968574	LEVY	PL6 3476x160		Open

Kuva 34. Virhelista näyttää kokoonpanossa olevat tiedostot, joiden määrittely on raportin kannalta puutteellinen.

8.4 Koosteraportin pilotointi referenssiasiakkailla

Koosteraportin pilotointi toteutettiin siten, että asiakasyritykseltä pyydettiin esimerkkimalli josta luotiin koosteraportti. Näin yksinkertaistettiin asiakkaan työmäärää. Heille jäi tehtäväksi vain toimittaa mallit raportointiin ja kommentoida raporttia. Tällä tavalla vältettiin kokonaan ohjelman asentaminen ja muokkaaminen asiakasympäristöön. Tämä toimintamalli oli houkuttelevampi pilottiyritykselle, koska tällöin heidän työaikaansa ei käytetty epäoleelliseen.

Pilotoinnin tarkoituksena oli saada kommentteja nykyisiltä 3D-ohjelmien käyttäjiltä koosteraportin sisällöstä. Toisaalta pilotoinnilla pystyttiin selvittämään raporttityökalun joustavuus erilaisissa asiakasympäristöissä. Pilotointi suoritettiin kahdessa yrityksessä, jotka kumpikin pyysivät pitämään käytetyn tuotantomallin geometriatiedot salassa.

Insinööritoimisto

Ensimmäinen pilottiyritys oli Turkulainen Focusplan Oy (insinööritoimisto), joka tekee alihankintas suunnittelua. He suunnittelevat asiakaskohtaisesti erilaisia laitteita ja laitoksia. Referenssimallina käytettiin teräsrakennekokoonpanoa, jossa oli 50 komponenttia.

Raportin tuottaminen vaati raporttiohjelmaan joitakin muutoksia, johtuen käytetystä metadata-avaruudesta (insinööritoimiston käyttämä CustomWorks -ohjelman versio ei ollut sama kuin minulla käytössä ollut versio, joten meta-datan validointi vaati lisätarkistuksia). Tämän jälkeen raporttiin saatiin kuvattua tuotteen tiedot jokaisen aliotsikon alle. Kommentit, jotka asiakkaalta saatiin, olivat positiivisia. Erityisesti koosteraportin informaation visuaalinen ilme sai kiitosta.

Insinööritoimiston mielestä koosteraportin parannuskohteet olisivat raportin virhelistaus, tietojen luotettavuus ja informaatio määrä. Lisätietona he kaipasivat mallirakenteen esittämistä siten, että rakenteeseen liittyvä piirustustaso saataisiin mukaan. Kokoonpanorakenteen kokonaisuuden esittäminen puumaisena esityksenä oli myös heidän toivelistallaan. Testaajan mielestä raportilla esitettyä aikajanaa pidettiin tarpeettomana. Suurimpana parannusehdotuksena testaaja ehdotti tarkennuksia raportin lopussa olevaan virhelistausosioon. Virhelistausten selkeyttäminen ja niiden merkityksen korostaminen oli vastaajan mielestä oleelliset parannuskohteet.

Koosteraportin testaaja antoi suurimman arvon jo nykyisessäkin muodossa olevalle virhelistaukselle. Insinööritoimiston tuottamat suunnitelmat siirretään lähes aina tiedostoina työtilaajan järjestelmään. Tällöin oikean tiedon välittäminen ensimmäisellä kerralla on insinööritoimiston maineen ja tehokkuuden kannalta oleellista. Koosteraportin virhelistausosio antaakin erinomaisen työkalun tiedon oikeellisuuden tarkistamiseen ennen sen toimittamista asiakkaalle.

Käytetty malli oli insinööritoimiston asiakkaalleen laatima suunnitelma, joten siitä tuotettua raporttia en ole voinut valitettavasti liittää osaksi tätä diplomityötä.

Projektitalo

Toisena pilottiyrityksenä oli Laitex Oy Lappeenrannasta. Laitex on yritys, joka valmistaa kuljetinjärjestelmiä. Heillä jokainen projekti poikkeaa edellisistä siten, että moduloiduista ja parametrisoiduista (moduuli jonka päämitat muutetaan projektikohtaisesti) tuotteista suunnitellaan tapauskohtaisesti erilainen kokonaisuus. Tyypillisesti siis uusi suunnitelma perustuu vanhaan malliin jota muutetaan ja uudelleen suunnitellaan projektikohtaisesti.

Referenssimallina käytettiin ruuvikuljetinta. Kokoonpanossa oli yli 200 komponenttia ja useita kokoonpanotasoja. Heillä on käytössään tiedostojen hallinnassa PDM -järjestelmä, joka osaltaan auttaa metatietojen käsittelyssä ja yhtenäisyyden ylläpitämisessä.

Pilottimallien käsittelyn yhteydessä tekemäni koosteraportin joustavuutta parannettiin lisäämällä referenssiasiakkaan metadatiaviittaukset. Tämän jälkeen raportti pystyttiin toteuttamaan jokaiselle Laitex Oy:n mallille. Joitakin ongelmakohtia tietojen käsittelemisessä oli, mutta tähän sain selityksen kun tiedostot lähettänyt henkilö kertoi että oli tahallisesti lisännyt malliin virhetilanteita. Virheiden käsittelyyn lisättiin muutamia lisäsääntöjä, jolloin se löysi malleihin piilotetut virheet. Uutena ominaisuutena raporttiin oli tässä vaiheessa diplomityöprojektia lisätty mallin päämitat.

Koosteraportin sisältö sai myös tältä pilottiyritykseltä kiitosta, mutta tässäkin tapauksessa tiedostojen aikajanaa sekä myös tilatietoa (PDM -status) pidettiin tarpeettomana. Parannusehdotukset koskivat virheraportointia; sen laajuutta ja selkeyttä haluttiin parantaa. Näin koettiin varsinkin mittalinkityksien (CAD-järjestelmän sisällä mallien parametriset mittamuutokset siirtyvät automaattisesti mittalinkin kautta osaluetteloon) osalta. Hyvin tarpeellisena tietona asiakas piti päämittoja, joista pakkaussuunnittelija pystyy heti arvioimaan suunnittelemansa tuotteen pakattavuuden ja kuljetettavuuden.

Projektitalo Oy:n toimittamaa mallia vastaava raportti on liitteessä 2. Mallina on hoitotaso, jossa on valmistettavia kappaleita. Kokoonpanossa käytetään useita materiaaleja ja aihioita. Liitteestä löytyy myös esimerkki puutteellisesta tiedosta. Liite 3 on liitteen 2 raporttiin käytetyn mallin pääkokoonpano- ja alikokoonpanopiirustus.

8.5 Koosteraportin jatkokehitys

Tämän diplomityön valmistumisen jälkeen koosteraporttia aiotaan edelleen kehittää erityisesti alla lueteltujen osa-alueiden osalta.

8.5.1 Koosteraportin jakaminen kahtia

Koosteraporttityökalusta saatujen kommenttien perusteella raportin toiminnallisuus tullaan jakamaan kahteen osaan. Raportin ensimmäinen osa tulee tekemään datan virheraportoinnin. Toisesta osasta tulee varsinainen koosteraportti, joka kuvaa rakenne- ja materiaalitietoja. Jakamalla raportti kahteen osaan, voidaan nopeuttaa sen tuottamista ja käsittelyä. Samalla myös koosteraportin selkeys paranee.

8.5.2 Raportointiprosessin nopeuttaminen

Koosteraportin tuottamisen kannalta merkittävää nopeusetua saadaan vain jos esikatselukuvat jätetään pois raportista. Tämän nopeuteen vaikuttavan seikan perusteella virheraporttiin tulostetaan vain tekstitietoa. Esikatselukuvat kerätään vasta varsinaiseen koosteraporttiin. Testiversiolla nopeusero oli huomattava, esimerkiksi 1200 osan kokoonpanossa tekstitietojen kerääminen kestää nykyisellä versiolla 12 sekuntia ja esikatselukuvien kerääminen 120 sekuntia.

8.5.3 Ohjelmakoodin kirjoittaminen uudelleen

Varsinainen ohjelmakoodi, jolla raportointityökalun ensimmäinen versio toteutettiin, on käytännössä ollut vanhaa, uudelleen käytettyä Visual Basic-koodia. Ohjelmakoodi on toteutettu 32-bittiseen Windows -järjestelmään, ja tämä aiheuttaa uusimpien 64-bittisten käyttöjärjestelmien kanssa ongelmia. Tältä osin on tarpeellista ohjelmoida koko rakenteenluku ja metadatan käsittely uudelleen, jotta se pystyy käyttämään paremmin tietokoneen tarjoamat resurssit sekä operoimaan uusimissa järjestelmissä luotettavasti ja nopeasti.

8.5.4 Koosteraportin virhelähteet

Koosteraporttityökalun sisältämän tiedon tarkkuus perustuu täysin CAD-mallille syötetyn tiedon tarkkuuteen. Jokaisella yrityksellä, joka käyttää CAD-järjestelmää, on oma metadata avaruus, jossa metadatan avainsanat poikkeavat toisistaan. Tämän varioitumisen huomioimiseksi on raporttityökalun tyylisivukäännöksissä käytössä varianttitaulukko, jolla voidaan määrittää korvaavia metatietoja. Näin samalla koosteraporttiformaatilla voidaan operoida hyvinkin erilaisissa toimintaympäristöissä. Tyypillinen tilanne yrityksessä on se, että suunnittelua on tehty usean vuoden ajan ja järjestelmää on päivitetty aika-ajoin. Tämä voi johtaa tilanteeseen, jossa käytettävään meta-data avaruuteen syntyy hajontaa. Tällöin on oleellista, että voidaan kertoa esimerkiksi nimitystiedon lähteeksi kaksi tai kolmekin avainsanaa, joista nimitystietoa etsitään.

Koosteraportin sisältö kerätään käyttäjän syöttämistä tiedoista. Jos nämä syötetyt tiedot ovat lähtökohtaisesti virheellisiä, niin raportin sisältökin on virheellistä. Tämän tiedon tarkistaminen automaattisesti raportin luontivaiheessa ei onnistu, koska raporttityökalu ei pysty ennakoimaan että onko jokin materiaali tai mittatieto sallittu tai oikein. Yksi keino tarkistaa osa syötetyistä tiedoista olisi määrittää kentille lista sallituista arvoista. Listalla voisi olla määriteltynä esimerkiksi yrityksessä sallitut materiaalit. Näin rajoittamalla arvoja joita käyttäjä saa syöttää, voitaisiin ilmoittaa käyttäjälle että hän on käyttänyt arvoja, jotka eivät ole yrityksen suunnittelusääntöjen mukaisia.

Yksi koosteraportin virhelähde on lähtöisin CAD-ohjelman käyttäjästä. CAD-mallille syötetyt tiedot voivat jäädä puutteellisiksi käyttäjän osaamattomuudesta johtuen. Tällöin koosteraportin luomiseksi ei ole käytettävissä tarpeellista määrää kelvollista meta-dataa. Tämä aiheuttaa kriittisiä puutteita raportin sisältöön ja käytännössä estää raportoinnin käyttämisen. Koosteraportin virhetarkistus osuus pyrkii antamaan työkalun tämän puutteellisen tiedon havaitsemiseksi.

8.5.5 Koosteraporttityökalun myyntipotentiaali ja lisensiointi

Tämän diplomityön tuloksena syntyneelle koosteraportille tuntuisi olevan kysyntää nykymarkkinoilla. Tähän päätelmään on tultu asiakashaastatteluista ja pilotoinnista saatujen tulosten perusteella sekä arvioimalla kilpailijaohjelmia. Kuitenkaan koosteraportin tarkkaa kysyntää ja muun muassa myyntihintaa ei ole vielä selvitetty. Ohjelman lisensiointi ja tuotteistus ovat myös vielä tekemättä. Näiden asioiden läpikäynti ja toteutus on tehtävä, ennen kuin koosteraporttityökalua voidaan lähteä myymään SolidWorks -käyttäjille.

8.5.6 Koosteraportin laajentaminen

Nykyisen koosteraportin tietomäärää on mahdollista kasvattaa tulevaisuudessa. Tämä vaatii ensisijaisesti 3D-mallissa olevan tietomäärän kasvattamista. Tietomäärää voidaan kasvattaa esimerkiksi seuraavien osa-alueiden puolella: tuotannonsuunnittelu, toimitusaika, materiaalitiedot ja tuotannonohjaus.

Tuotantosuunnittelun helpottamiseksi olisi hyvä, jos tuotekehityksessä voitaisiin jo hyvin aikaisessa vaiheessa määrittää malleille arvio valmistustavasta: kokoonpano / jysintä / sorvaus / levytyö / jne. Tämän tiedon perustella voitaisiin koosteraportilla kuvata osien jakaumat erilaisiin tuotantomenetelmiin. Näin koosteraportilla saataisiin ennakkonäkemyks myös tuotannonsuunnittelua varten. Tuotantosuunnittelija pystyisi paremmin ennakoimaan tulevia tarpeita, kun hänelle tuotettaisiin suunnitelmasta raportti, joka kuvaa komponentit ja alikokoonpanot ryhmiteltynä sen perusteella mitä työvaiheita suunnittelu on niille ennakoanut.

Toimitusaika-arvio olisi mahdollista laskea ja esittää koosteraportilla, jos valmistustapaan liittyvää tietoa olisi mukana CAD-mallissa. Tyypillisesti CAD-rakenteella ei ole ollenkaan toimitusaikaan liittyviä tietoja. Tässäkin tapauksessa aika-arvioon vaikuttavia muuttujia on hyvin paljon, mutta jonkinlaisen arvion tuottaminen antaisi lähtökohdan valmistusprosessille.

Materiaalitietojen osalta koosteraporttiin voitaisiin tuottaa tarkempia tietoja materiaalien ominaisuuksista, kuten SolidWorks Sustainability -ohjelman laskemat hiilijalanjälki tai lujuuslaskentaominaisuudet, jotka lisäisivät huomattavasti komponenteista saatavaa tietoa (Petri Huhtala, Antti Pulkkinen, 2009, s. 342).

Yleinen suuntaus viime vuosina on ollut rakentaa linkitystä suunnittelun (CAD) ja **tuotannonohjauksen** (ERP) välille. Yrityksissä tavoitteena on luoda prosessi, jossa manuaalinen käsittely (nimike- ja rakennetietojen kirjoittaminen) poistetaan suunnittelun ja tuotannon väliltä. Vanhakantainen tapa on se, että suunnittelu tulostaa paperille työpiirustukset ja sitten joku tuotannon puolella kirjoittaa jokaisen nimikerivin tuotannonohjauksen puolelle uudelleen. Tämä on hyvin virhealtista ja hidasta toimintaa. Jotta suunnittelun tuottama CAD-rakenne voitaisiin siirtää onnistuneesti tuotannonohjauksen rakenteeksi, on näiden järjestelmien välille luotava yksiselitteinen siirtosääntö.

9. Tulokset

Tämän diplomityön tuloksena on tuotettu määritelmä koosteraportista ja koodattu tämän koosteraportin tekävän ohjelman ensimmäinen versio. Raportin tuottamiseksi CAD-mallin rakennetieto käsitellään kirjoittamalla se XML-formaatin, jossa sen jatkokäsittely luontuu tyylisivukäännösten avulla hyvin joustavasti. XML-tyylisivun avulla mallirakenteen tiedot suodatetaan erilaisiin lohkoihin koosteraportilla. Valmistamisen kannalta omiin lohkoihinsa on jaettu aihiotiedot, kokoonpanon kannalta komponenttiedot ja komponenttien sekä materiaalien ostamisen kannalta raaka-ainetiedot. Koosteraporttiin liitetään mallien esikatselukuvat ja linkki, josta malli voidaan avata CAD-ohjelmaan muokattavaksi. Koosteraportin loppuun kerätään listaus puutteellista tai virheellistä tietoa sisältävistä CAD-malleista. Tämän virhelistauksen avulla raportin lukija näkee ne CAD-mallit, joissa tietoja täytyy vielä mahdollisesti tarkentaa tai korjata.

Tuoterakenteen ja tuotteen sisältämän mallitiedon esittäminen erillisenä koosteraporttina antaa yhtenäisen näkymän suunnitelman sisällöstä. Jokainen koosteraporttiin tutustunut henkilö pystyy helposti ja nopeasti näkemään millaisista osista kokonaisuus muodostuu ja vertaamaan tietoa omaan osa-alueeseensa yrityksen toiminnassa. Raportin tuottaman koosteen avulla voidaan ennakoida muun muassa suunnittelun jälkeisiä tapahtumia tuotteen elinkaareissa, komponenttien ja materiaalien tilaamista, koneistusresurssien varaamista, tuotteen toimittamiseen liittyviä haasteita jne.

Pilottiyrityksiltä saadut kommentit koosteraportista olivat rohkaisevia. Pilottiyritykset näkivät raportin työkaluna, joka hyödyttää heitä tuotekehitysprosessin aikana sen useassa eri vaiheessa. Koosteraportin suurimpana hyötynä he näkivät työkalun virhetarkistusominaisuuden, jolla pystytään suunnitteluvaiheessa varmistamaan tuotesuunnitelman tietojen oikeellisuus. He näkivät myös, että koosteraportista on hyötyä suunnitteluprojektin luovutusvaiheessa, kun suunnitelmaa siirretään tuotantoon; koosteraportti toimii erinomaisena työkaluna vähentäen informaatio-ongelmia suunnittelun ja tuotannon välillä.

Pilottiyrityksien määrä, kaksi, valitettavasti rajoittaa tämän diplomityön tulosten ja johtopäätösten yleistettävyyttä. Pilottiyritysten toimialat oli valittu kuitenkin niin, että ne edustavat suhteellisesti hyvin suurta osaa suomalaisista SolidWorksiä käyttävistä yrityksistä.

10. Yhteenveto

Tässä diplomityössä suoritettua asiakashaastattelun ja yrityspilotoinnin perusteella voidaan päätellä, että diplomityössä luodulle raportointityökalulle on kysyntää 3D-CAD ohjelmia käyttävissä yrityksissä.

Tyypillinen suomalainen pienyritys (alle 20 työntekijää ja 1-3 suunnittelijaa) ei pysty investoimaan laajaan tuotannonohjausjärjestelmään, vaan tuotannonohjaus tehdään yleisesti hyvin kevyellä ohjelmistolla (esimerkiksi taulukkolaskentaohjelmat). Näin ollen suurin potentiaali kehittämälleni koosteraporttityökalulle löytyykin pienistä, muutaman suunnittelijan, organisaatioista.

Itse olen yli kymmenen vuoden ajan tutustunut suomalaisiin pienyrityksiin SolidWorks 3D CAD-ohjelman konsulttina. Konsultointikäyntien aikana keskustelemme yrityksen sisäisistä prosesseista ja niiden kehittämisestä. Näiden keskustelujen aikana on kehittämäni raportointityökalun tarve tullut usein esiin. Varsinkin tuotantopuolen henkilöiltä usein kuultu kommentti: "Siellä ne vaan suunnittelee, mutta täällä me sitten tehdään niin kuin tehdään" on seurausta siitä, että suunnitteluosastolla ei ole ollut kunnollisia keinoja viestittää suunnitelmaa ja sen sisältö tuotannolle.

Tyypillisesti suunnitteluosaston tuottamat työpiirustukset mahdollistavat tuotteen valmistamisen, mutta kuitenkin usein käy niin, että tuotannossa joudutaan tekemään omia päätelmiä ja lisäyksiä tuotteen valmistamiseksi. Tämä johtuu siitä, että valmistamisen kannalta oleelliset tiedot puuttuvat piirustuksista tai hukkuvat työpiirustuksien suureen määrään (työpiirustuksien määrä voi yhdessä tuotteessa olla satoja kappaleita). Osastojen väliseen tiedonvälitysongelmaan luomani koosteraportti antaa oivallisen ratkaisun, kun yhdellä dokumentilla pystytään esittämään tuotteen kaikki materiaali- ja valmistustarpeet. Koosteraportti nopeuttaa ja helpottaa suunnittelun ja tuotannon (myös muiden sidosryhmien) välistä kommunikointia.

Jatkotoimenpiteenä raporttityökalun kehitystä jatketaan tuotteistamisella ja ohjelmaan lisätään pilottikäyttäjien kehitysehdotuksien mukaisia ominaisuuksia, jotta se soveltuisi paremmin erilaisiin asiakasympäristöihin. Diplomityön tilaajayrityksen (CadWorks Oy) tarkoituksena on saada koosteraporttiohjelmasta myytävä tuote.

Lähteet

Boothroyd Dewhurst, Inc. *DFMA*. (Boothroyd Dewhurst, Inc.) Haettu 8.12.2010 osoitteesta www.dfma.com

Boucher, M. (2010). *Cost Saving Strategies for Engineers: Using Simulation to Make Better Decisions*. Aberdeen Group A Harte-Hanks Company.

CAD/CAM-yhdistys ry. (2010). Valokynä. (1/2010).

Dassault Systèmes SolidWorks Corp. *Partner Products*. Haettu 3.3.2011 osoitteesta <http://www.solidworks.com/sw/products/engineering-software-partners.htm>

Dassault Systèmes SolidWorks Corp. *SolidWorks*. Haettu 12.12.2010, osoitteesta www.solidworks.com

Dassault Systèmes SolidWorks Corp. *SolidWorks Help*. Haettu 20.3.2011 osoitteesta <http://help.solidworks.com>

Dassault Systèmes SolidWorks Corp. *SolidWorks sustainability*. Haettu 26.3.2011 osoitteesta SolidWorks: www.solidworks.com/2010sustainability

Dassault Systèmes SolidWorks Corp. *Treehouse*. Haettu 10.2.2011 osoitteesta SolidWors Labs: <http://labs.solidworks.com/Products/Product.aspx?name=treehouse>

Fogelholm, J. K. (2002). *Tuotantotoiminnan mittaaminen*. Vantaa: Tummavuoren kirjapaino Oy.

Gerhard Pahl, W. B. (1990). *Koneensuunnitteluoppi*. Helsinki: Springer Verlag ja Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Itä-Suomen Yliopisto. (Itä-Suomen Yliopisto) Haettu 12.12.2010 osoitteesta www.uku.fi: http://www.uku.fi/avoin/tuta/jakso2_kuvat/kassavirta.gif

Karl T. Uther, S. d. (2008). *Product Design and Development*. New York, NY: McGraw-Hill/Irwin.

Lahden Ammattikorkeakoulu. (2008). *Taidolla tuottavuuteen - Työkaluja tuottavuuden kehittämiseen*. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy.

Micro Estimating Systems. *The Fastest and Most Accurate Estimating Tool in the World*. (Micro Estimating Systems) Haettu 10.2.2011 osoitteesta Micro Estimating Systems: <http://www.microest.com/>

NATO Research Technology Organisation. (1.9.2009). *Code of Practice for Life Cycle Costing*. USA: www.rto.nato.int.

Petri Huhtala, Antti Pulkkinen. (2009). *Tuotettavuuden kehittäminen - Parempi tuotteisto useasta näkökulmasta*. Tampere: Teknologiainfo Teknova Oy.

Rosti, T. (2009). Ohutlevypäivät, Heureka. Vantaa.

Saarijärvi, V. (20.9.2010). Koosteraportin sisältöhaastattelu. (T. Laaksonen, Haastattelija)

SDH Development ApS. *ToolWorks BOM Manager*. Haettu 2.2.2011 osoitteesta <https://www.toolworks.info/>

Simpanen, E. C. (20.3.2011). Tuotekehityksen toimintojen automatisointi. (T. Laaksonen, Haastattelija)

Stewart, R. D. (1991). Cost estimating second edition.

Sulava Oy (Jari Kotola). *Onko kiire vai tehdäänkö tietokoneella?* Haettu 27.3.2011 osoitteesta <http://www.sulava.com/2011/02/onko-kiire-vai-tehdaanko-tietokoneella/>

Talvio, R. (2009). Elinkaarilaskenta kilpailuedun saavuttamisen tukena. Lappeenranta.

Tampereen teknillinen yliopisto. *Tampereen teknillinen yliopisto Cost Management Center*. Haettu 6.1.2011 osoitteesta <http://www.im.tut.fi/cmc/>

TEKES. (2001). Keskiraskas ja raskas kokoonpanotoiminta 1998-2000. *Teknologiaohjelmaraportti* (2/2001).

Tocoman Group Oy. (Tocoman Group Oy) Haettu 20.2.2011 osoitteesta <http://www.tocoman.fi/>

U.S. Government Accountability Office (GAO). (2009). *GAO Cost Estimating*. United States Government Accountability Office.

Usher, J. M.; Roy, U.; & Parsaei, H. R. (1998). Integrated Product and Process Development - Methods, Tools, and Technologies.

W3C. *Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition)*. Haettu 2.4.2011 osoitteesta <http://www.w3.org/TR/xml/>

100009 Hoitotaso

Revisio/Versio: PRE
Version päiväys: 24.12.2010

Raporttipäivä: 22.01.2011 13:59:12
Tekijä: Käyttäjä
Yritys: Company Ltd



Nimitys:	Hoitotaso
Numero:	100009
Tiedosto:	100009.SLDASM

Massa:	339,42 kg
materiaalitulavuus:	0,05 m3

Pituus:	m
Leveys:	m
Korkeus:	m
Tilantarve:	m3

Suunnittelun tila

Kokoonpanossa olevien tiedostojen tila. Tila määräytyy joko PDM järjestelmän tai suunnittelijan antaman luokituksen mukaan.

Status	Kpl	% kappaleista	File
	27	100,00	Assembly 45645 Part 97987 Part 6745 Part 7878 Part 897987

StatusName
No Status

Suunnittelu aika










Pääkokoonpanon päivämäärästä on kulunut 29 päivää.
Suunnittelupäivää verrataan pääkokoonpanon päivämäärään.

	ennen	Samana päivänä	jälkeen	Ilman koodia olevat	Yhteensä
jakauma	10 %	3 %	25 %	0 %	
kpl	3	1	25	0	29




Kokoonpanossa olevien nimikkeiden suunnittelupäivämäärät sijoittuvat aikajanelle seuraavasti:

	>12 kk	12-6 kk	6-1 kk	4-2 vki	0-2 vki	0	0-2 vki	2-4 vki	1-3 kk	3- kk	ei päivää
kpl	3	0	0	0	0	1	25	0	0	0	0

Komponentit
































	kpl	
 +  Komponentteja	53	
 Kokoonpanoja	6	
 Erilaisia kokoonpanoja	6	
 Kokoonpanotasoja	2	
 Osien kokonaismäärä	47	
 Erilliset komponentit	23	
 Kiinnityskomponenttien summa	0	
 Erilaisia kiinnityskomponentteja	0	

Symbolit:

	< 20kg, nostettavissa yhdellä
	20-40kg, kaksi henkilöä tarvitaan siirtelyyn
	>40kg, nostolaite välttämätön

Kokoonpanotietoja

Mallissa olevat kokoonpanot niiden kiinnityselementtien määrät ja suhdeluku.

	Tila	Numero	Nimitys	Kpl	Massa(kg)	Nostolaite	Kiinnitystekijä ( + ) / 	 erilaisia	 Summa	 +  erilaiset	Komponenttimäärä		
		100009	Hoitotaso	1	339,42		NaN	0	0	9	21		Open
		45645	Runko	1	128,53		NaN	0	0	7	15		Open
		66151	Kaide	1	21,85		NaN	0	0	4	6		Open
		651651	Kaide	1	21,85		NaN	0	0	4	6		Open
		51651	Kaide	1	8,09		NaN	0	0	2	2		Open
		5151651	Kaide	1	7,89		NaN	0	0	2	2		Open

Osat

Listaus kokoonpanossa olevista valmistettavista komponenteista:

Tyyppi	Tila	Määrä	Nimitys	Numero	Aihio	Massa(kg)		Mitat	Materiaali	Materiaali hukka %		
		1	Rungon sivupelti	7878	LEVY	41,04		PL6 252x3488	1.0116 (S235J2G3)	0		Open
		1	Rungonprofiili	897987	LEVY	41,04		PL6 1988x252	1.0116 (S235J2G3)	0		Open
		1	Päätyprofiili	97987	LEVY	13,36		PL6 1488x252	S235JRG2	24		Open
		1	Päätylevy	6745	LEVY	13,36		PL6 1488x252	1.0116 (S235J2G3)	24		Open
		1	Putki	6785846	PUTKI	12,89		D50x2 L=5490	1.0114 (S235J0)	0		Open
		1	Putki	567567	PUTKI	12,89		D50x2 L=5490	AISI 304	-9		Open
		2	Tukirauta	987987	LEVY	7,92		PL6 1200x150	S235J2G3	7		Open
		1	Putki	51651	PUTKI	6,78		Ø50x2 L=3590	AISI 304	0		Open
		1	Putki	68764643	PUTKI	6,61		D50x2 L=2817,3	AISI 304	-9		Open
		1	Runkotukirauta	968574	LEVY	3,09		PL6 3476x160	missing	7		Open
		1	Putki	5115	PUTKI	2,20		Ø42x2 L=1135,5	1.0114 (S235J0)	1		Open

Osto-osat

Listaus kokoonpanossa olevista valmistettavista komponenteista:

Tyyppi	Tila	Aihio	Kpl	Nimitys	Numero	Massa(kg)		Mitat	Määrä	Kokonaismäärä		
		€ OSTO	7	Ritila - Verkko	51521	10,71		PL50 450x778	1 kpl	7 kpl		Open
		€ OSTO	7	Ritila - Verkko	1555	9,00		PL50 450x728	1 kpl	7 kpl		Open
		€ OSTO	1	Ritila - Verkko	76677766A	7,22		PL50 778x278	1 kpl	1 kpl		Open
		€ OSTO	1	Ritila - Verkko	165165	6,06		PL50 450x728	1 kpl	1 kpl		Open

Aihiot

Erilaisia aihiota käytössä: 14

Aihoiden yhteismassa: 196,87 kg



Levy

Aihio	Kpl	Määrä(m2)	Massa (kg)	% koko massasta
PL6 1.0116 (S235J2G3)	3	2,13	99,82	50,7
PL6 S235J2G3	2	0,36	16,96	8,6
PL6 S235JRG2	1	0,37	17,55	8,9
PL6 missing	1	0,56	3,34	1,7



Latta

Aihio	Kpl	Määrä(m)	Massa (kg)	% koko massasta
50x10 S235J2G3	8	1,65	0,82	0,4



Putki

Aihio	Kpl	Määrä(m)	Massa (kg)	% koko massasta
D42x2 1.0114 (S235J0)	2	2,21	4,32	2,2
D48,20x1 1.0114 (S235J0)	2	2,19	2,54	1,3
D50x2 1.0114 (S235J0)	1	5,49	12,91	6,6
Ø42x2 1.0114 (S235J0)	1	1,14	2,23	1,1
Ø48,20x1 1.0114 (S235J0)	2	2,19	2,54	1,3
D42x2 AISI 304	1	1,16	2,28	1,2
D50x2 AISI 304	2	8,31	17,91	9,1
Ø42x2 AISI 304	4	3,48	6,86	3,5
Ø50x2 AISI 304	1	2,82	6,79	3,5

Materiaalit

Materiaaleja 6 kappaletta käytetty kokoonpanossa.
Kokoonpanoon tarvittavan materiaalin määrä: 0 kg.
Kokonaishyötysprosentti materiaalista: 95,59 % (ostettavien materiaalien määrä suhteessa valmiiden komponenttien massaan)
Huom! Levyosien nestauksella ja metritavaran leikkauksen optimointia ei ole otettu huomioon.

Materiaali	Massa	% kokonaismassasta	Yksiköt Kpl	Massa(kg)	Summa	Malli
1.0114 (S235J0)	24,53 kg	12 %	1	12,91 kg	12,91 kg	Default@6785846.SLDPRT
			1	2,23 kg	2,23 kg	Default@5115.SLDPRT
			2	1,27 kg	2,54 kg	Default@4565.SLDPRT
			2	1,27 kg	2,54 kg	Default@5165.SLDPRT
			2	2,16 kg	4,32 kg	Default@651651.SLDPRT
1.0116 (S235J2G3)	99,82 kg	51 %	1	17,55 kg	17,55 kg	Default@6745.SLDPRT
			1	41,14 kg	41,14 kg	Default@7878.SLDPRT
			1	41,14 kg	41,14 kg	Default@897987.SLDPRT
AISI 304	33,85 kg	17 %	1	1,31 kg	1,31 kg	Default@456456.SLDPRT
			1	1,34 kg	1,34 kg	Default@51515.SLDPRT
			1	11,84 kg	11,84 kg	Default@567567.SLDPRT
			1	2,28 kg	2,28 kg	Default@516161.SLDPRT
			2	2,11 kg	4,22 kg	Default@15151.SLDPRT
			1	6,08 kg	6,08 kg	Default@68764643.SLDPRT
			1	6,79 kg	6,79 kg	Default@51651.SLDPRT
S235J2G3	17,78 kg	9 %	8	0,1 kg	0,82 kg	Default@366636.SLDPRT
			2	8,48 kg	16,96 kg	Default@987987.SLDPRT
S235JRG2	17,55 kg	9 %	1	17,55 kg	17,55 kg	Default@97987.SLDPRT
missing	3,34 kg	2 %	1	3,34 kg	3,34 kg	Default@968574.SLDPRT

Virheelliset tai puuttuvat tiedot





Numerotieto puuttuu

Tyyppi	Tiedosto	Konfiguraatio	ProdType	Tila	Määrä	Nimitys	Aihio	Massa(kg)	Mitat	Materiaali
--------	----------	---------------	----------	------	-------	---------	-------	-----------	-------	------------

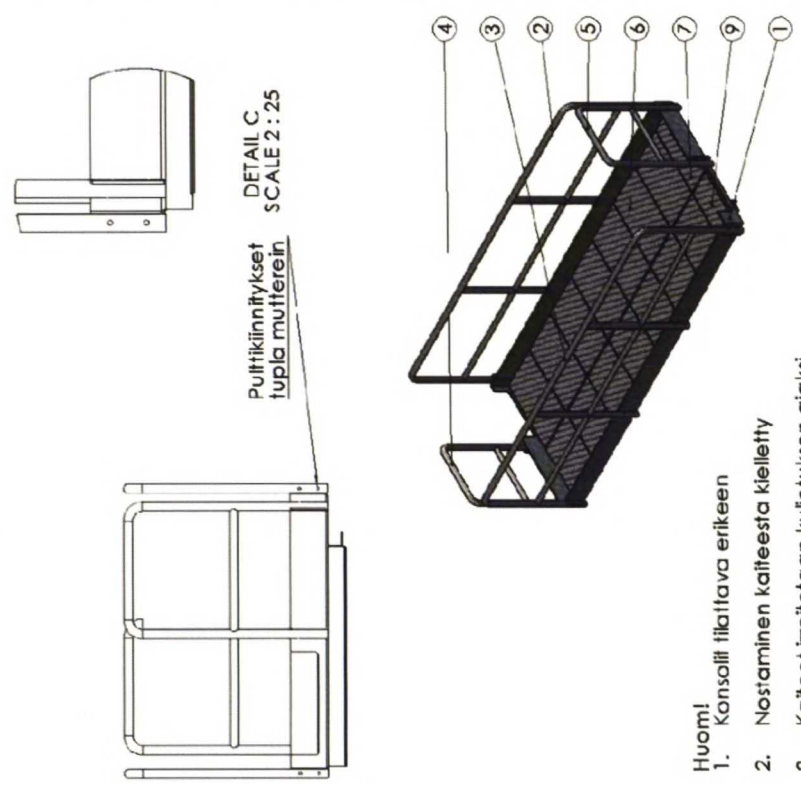
Mallit joista puuttuu aihio

Tyyppi	Tiedosto	ProdType	Tila	Määrä	Nimitys	Numero	Massa(kg)	Mitat	Materiaali
--------	----------	----------	------	-------	---------	--------	-----------	-------	------------

Osat joista puuttuu materiaali

Tyyppi	Tiedosto	ProdType	Tila	Määrä	Nimitys	Numero	Aihio	Mitat		
	968574.SLDPRT	MAKE		1	Runkotukirauta	968574	 LEVY	PL6 3476x160		Open

LIITE 2. Esimerkkimallin pääkokoonpanopiirustus.



- Huom!
1. Konsoliliitettävä erikseen
 2. Nostaminen kaiteesta kielletty
 3. Kaitee ei irroitetaan kuljetuksen ajaksi kiinnitettävä runkorakenteeseen
 4. Maksimi asennuskorkeus 5000mm Tilaa malli 2000 jos korkeammalla

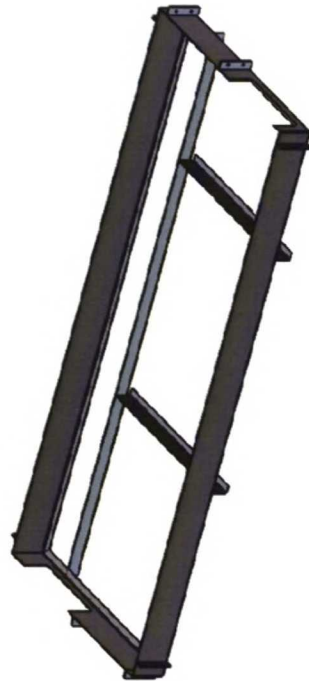
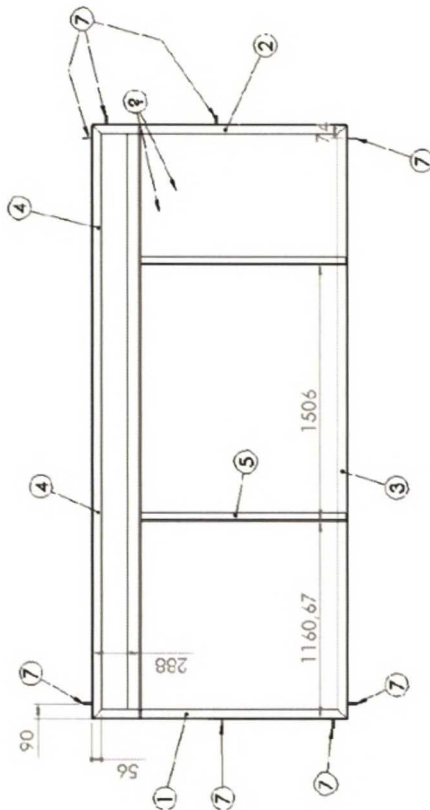
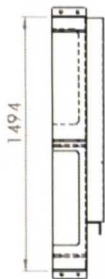
NO	NIMITYS	PIIR. NO	DIMENSIONS	KPL
1	Runko	3001		1
2	Kaide	3004	L=3368	1
3	Kaide	3002	L=3368	1
4	Kaide	3003	L=668	1
5	Kaide	3005	L=1468	1
6	Riittä - Verkko		PL50 450x778	7
7	Riittä - Verkko		PL50 778x278	1
8	Riittä - Verkko		PL50 450x728	7
9	Riittä - Verkko		PL50 450x728	1

Yhteystiedot	Mallisuus	Maalaus	Maalaus	Maalaus	Maalaus
Missa	339.42 kg	Asiakas	Työnumero		
Mittakaava	A3				
	1:25				
Nimitys					
Product number					
Shu	1/1				
hey					

Hoitotaso

LIITE 3. Esimerkkimallin alikokoonpanopiirustus.

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF BENTON & BOWLES
IT IS NOT TO BE USED, COPIED OR REPRODUCED IN ANY MANNER
WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF BENTON & BOWLES



Osa	Mittaus	Number	Material	DIMENSIONS	QTY.
7	Levy	380036	S235L233	20x10L-200	3
6	Levy	380674		PLB 3478x160	1
5	Levy	381937	S235L233	PLB 1200x140	2
4	Levy	381937	1 0116 (S235L233)	PLB 1888x22	1
3	Levy	381937	1 0116 (S235L233)	PLB 252x2468	1
2	Levy	381937	1 0116 (S235L233)	PLB 1488x242	1
1	Levy	381937	S235L233	PLB 1488x242	1

Runko

Luokitus: CTS-4011 - Keski
Hittaus: SFS3303 - B
Mittaus: 1.26
A3

Ent

Ent

3001

Shu 1/1

Revisio Muutos

Hyv.

Hyv.

Muut.

Hyv.

Hyv.

Hyv.

Hyv.

Hyv.

Hyv.

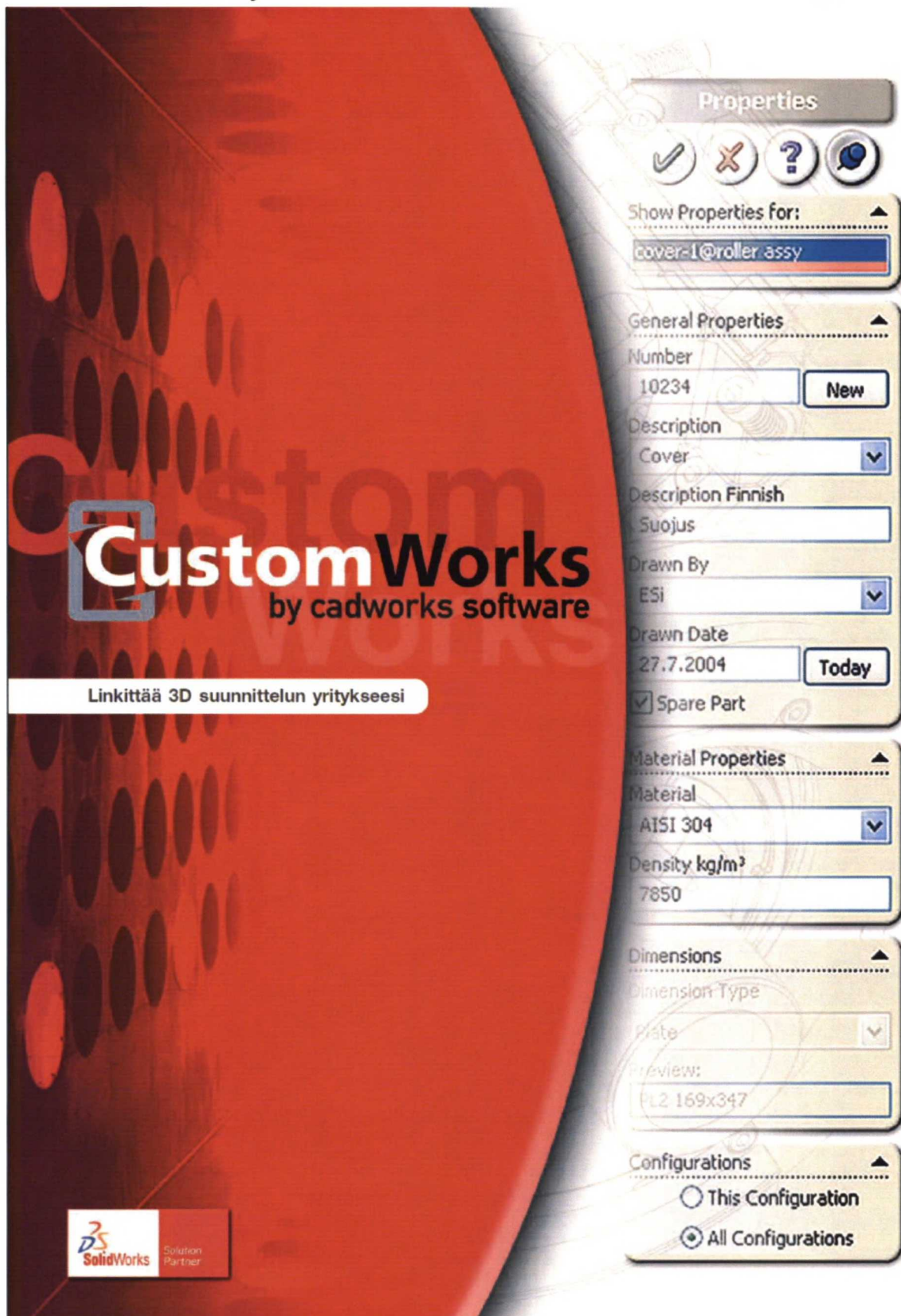
Hyv.

Hyv.

Hyv.

Hyv.

Hyv.



The image shows a promotional graphic for CustomWorks software. The background is a red, curved surface with a pattern of dark, oval-shaped holes, resembling a perforated metal plate. On the right side, there is a screenshot of the CustomWorks software interface. The interface has a light beige background and is divided into several sections. At the top, there is a 'Properties' header with four icons: a checkmark, a red X, a question mark, and a speech bubble. Below this is a 'Show Properties for:' dropdown menu with 'cover-1@roller.assy' selected. The main section is titled 'General Properties' and contains fields for 'Number' (10234), 'Description' (Cover), 'Description Finnish' (Suojus), 'Drawn By' (ESI), 'Drawn Date' (27.7.2004), and a 'Spare Part' checkbox. Below this is the 'Material Properties' section with 'Material' (AISI 304) and 'Density kg/m³' (7850). The 'Dimensions' section has 'Dimension Type' (Plate) and a 'Preview' field showing 'PL2 169x347'. The 'Configurations' section at the bottom has two radio buttons: 'This Configuration' and 'All Configurations'. In the bottom left corner of the graphic, there is a logo for '3D SolidWorks Solution Partner'.

CustomWorks
by cadworks software

Linkittää 3D suunnittelun yritykseen

Properties

✓ ✗ ?

Show Properties for:
cover-1@roller.assy

General Properties

Number
10234 **New**

Description
Cover

Description Finnish
Suojus

Drawn By
ESI

Drawn Date
27.7.2004 **Today**

☒ Spare Part

Material Properties

Material
AISI 304

Density kg/m³
7850

Dimensions

Dimension Type
Plate

Preview:
PL2 169x347

Configurations

☐ This Configuration
☒ All Configurations

3D SolidWorks
Solution Partner

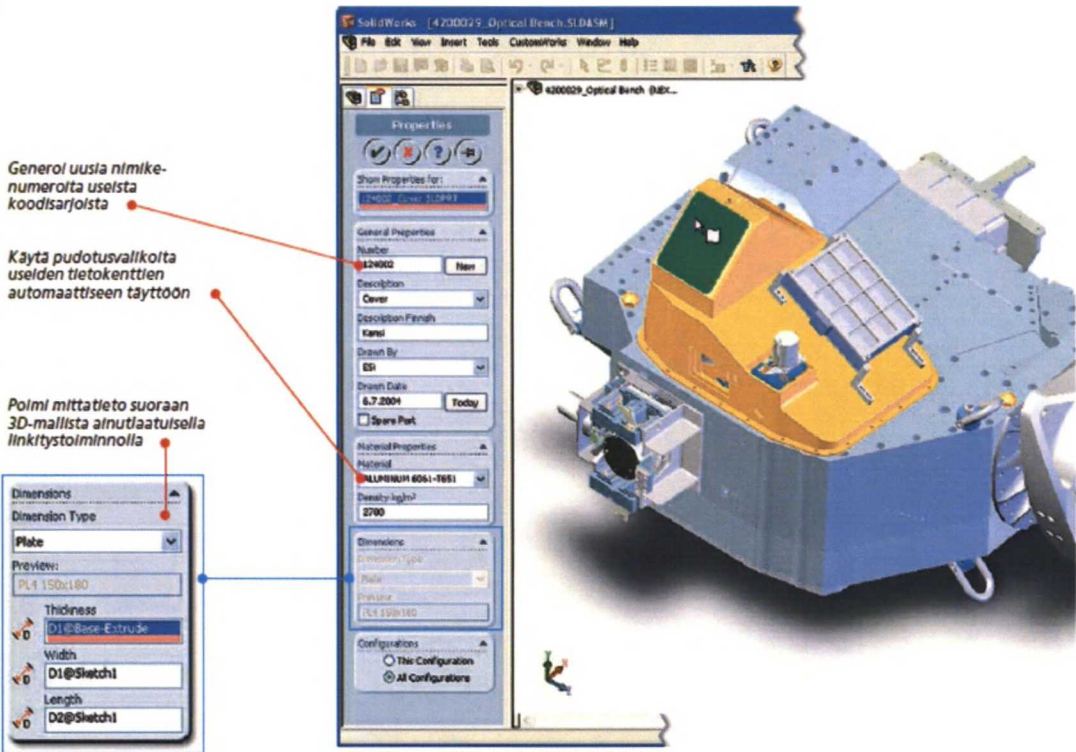
Kaikki mitä tarvitset SolidWorksiisi!

CustomWorks® on markkinoiden kehittynein tiedonhallintasovellus SolidWorksiin. Se hoitaa keskitetysti kaikki nimiketietoon liittyvät toiminnot ylivoimaisella tavalla. Ohjelma on erittäin nopea oppia ja käyttää, koska käyttöliittymänä toimii SolidWorksin piirrepuu (Property Manager). CustomWorks yhtenäistää koko suunnitteluryhmän toiminnan ja tekee helpoiksi rutiinit, jotka ovat aikaisemmin vaatineet tuntien käsityön. Se on täydellinen kumppani SolidWorks® Office Professionalille ja PDMWorksille.

Generoi uusia nimike-numeroita useista koodisarjoista

Käytä pudotusvalikoita useiden tietokenttien automaattiseen täyttöön

Poimi mittatieto suoraan 3D-mallista ainutlaatuisella linkitystoiminnolla



CustomWorks automatisoi kaiken tämän:

	SolidWorks	CustomWorks	PDMWorks
Tiedostojen systemaattinen nimeäminen	Manuaalinen	Automaattinen	
Keskittetty nimiketietojen hallinta	Manuaalinen	Automaattinen	
Olemassaolevan suunnittelutiedon uudelleenkäyttö	Manuaalinen	Automaattinen	
PDF, DWG ja DXF-muotoon vienti	Manuaalinen	Automaattinen	
Nimikenumeroiden luonti	Manuaalinen	Automaattinen	
Massatulostus		Automaattinen	
Linkki MRP/ERP -järjestelmään		Automaattinen	
Versionhallinta		Manuaalinen	Automaattinen
Tiedostojen suojattu arkistointi			Automaattinen
Käyttöoikeuksien hallinta			Automaattinen

Nimiketietojen hallinta

CustomWorks syöttää ja muokkaa yrityskohtaisia attribuuttitietoja kerralla vaikka koko rakenteelle. Se generoi uudet nimikenumerot ja luo uudet nimikkeet. Se hallitsee nimitykset, kieliversiot, mitat, päiväykset, materiaalitiedot yms. Mitta- ja massatiedot linkitetään suoraan 3D-mallista. Syötetyt tiedot tallennetaan suoraan SolidWorks-malleihin ja niitä käytetään mm. automaattisesti täyttyvissä piirustus pohjissa ja osaluetteloissa, hakutoimintoihin PDM-järjestelmässä ja rakenteiden nimiketiedon siirrossa yrityksen MRP/ERP-järjestelmään. Koska CustomWorks on kehitetty nimenomaan SolidWorksiin, se tukee kaikkia ominaisuuksia konfiguraatioista hitsauskokoontamoihin.

Projektien kopiointi

Kopiointitoiminto tekee helpoksi olemassa olevan SolidWorks-rakenteen kopiointin pohjaksi uudelle projektille piirustuksineen tai 3D-mallien ja työpiirustusten numeroinnin ja nimeämisen projektin loppuvaiheessa. Uudet tiedostonimet muodostuvat automaattisesti syötetyistä nimiketiedoista ja tiedostojen väliset viittaukset päivittyvät aina oikein. CustomWorks yhtenäistää ja automatisoi SolidWorks-dokumenttien nimeämisikäytännön ja on lähes välttämätön työkalu siirrettäessä vanhoja epäyhtenäisesti nimitettyjä kokoonpanoja uuteen PDM-järjestelmään, kuten esim. PDMWorksiin.

Massatulostus ja tiedostokäännöt

CustomWorks automatisoi projektin dokumenttien tulostamisen ja tarjoaa helppokäyttöisen käyttöliittymän tulostustapahtuman hallintaan. Ohjelma luo tulostuslistan suoraan kokoonpanon 3D-mallista ja tulostaa kaikki kokoonpanoon liittyvien osien työpiirustukset yhdellä napin painalluksella. Tulostustoiminto ohjaa piirustukset arkikokoon mukaan aina oikeille tulostimille sekä automatisoi mm. DWG, DXF ja PDF -muotoisten dokumenttien luomisen mm. tuotantoa, kommunikointia ja arkistointia varten.

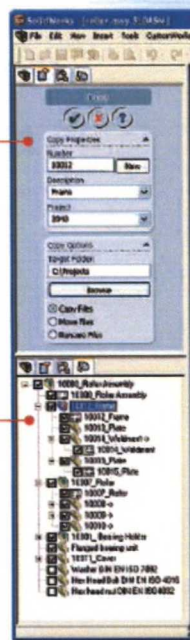
Rakennetiedon vienti

CustomWorks tuottaa SolidWorksin kokoonpanorakenteista siirtotiedostoja esimerkiksi yrityksen MRP/ERP-järjestelmään vientiä varten. Samalla toiminnolla syntyvät erilaiset rakenne- ja varaosalistat esimerkiksi Excel-taulukon tai XML-tiedoston muotoon. Moderni Visual Basic Scripting -tekniikka antaa rajattomat mahdollisuudet muokata siirtotiedostot juuri halutunlaisiksi.

Asetusten keskitetty hallinta

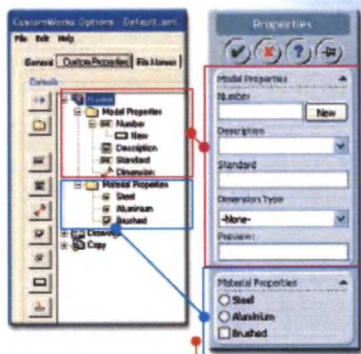
Kaikki asetukset tallentuvat profiiliin, joka on keskitetysti koko suunnitteluryhmän käytössä. Ylläpitäjät voivat muokata yrityskohtaisia tietokenttiä erittäin helppokäyttöisellä vedä ja pudota "drag&drop" -käyttöliittymällä. Tietokenttien käsittelyä voidaan lisäksi automatisoida Visual Basic -muotoisten skriptien avulla. Siksi CustomWorks on ainutlaatuinen!

CustomWorks
by cadworks software



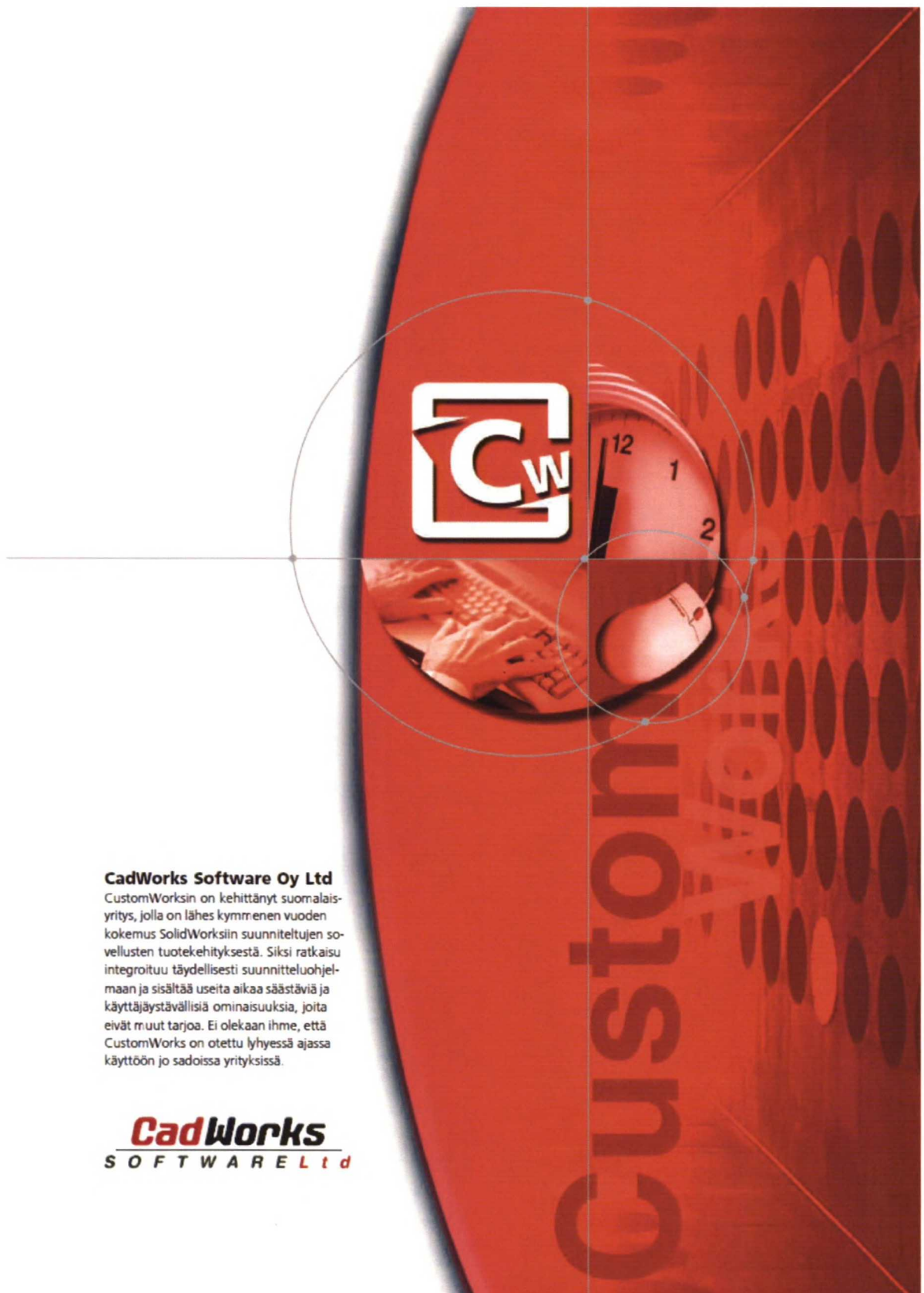
Nimeä tiedostot systemaattisesti malleihin syötetyillä nimiketiedoilla

Kopioi kokonaisrakenteita piirustuksineen



Muokkaa yrityskohtaisia tietokenttiä todella helppokäyttöisellä vedä ja pudota (drag & drop) -käyttöliittymällä.

Totea itse. Käytä 30 päivää ilmaiseksi!
Lataa 30 päivän kokeiluversio osoitteesta
www.cadworkssoftware.com.



CadWorks Software Oy Ltd
CustomWorks on kehittänyt suomalais-yritys, jolla on lähes kymmenen vuoden kokemus SolidWorksiin suunniteltujen sovellusten tuotekehityksestä. Siksi ratkaisu integroituu täydellisesti suunnitteluohjelmaan ja sisältää useita aikaa säästäviä ja käyttäjäystävällisiä ominaisuuksia, joita eivät muut tarjoa. Ei olekaan ihme, että CustomWorks on otettu lyhyessä ajassa käyttöön jo sadoissa yrityksissä.

CadWorks
SOFTWARE Ltd

1. Henkilöstön määrä								
	1	2-5	6-10	11-19	20-49	50-100	100+	Vastausten lukumäärä
Kokonaismäärä	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	63,60 %	18,20 %	18,20 %	11
Tuotekehitys	9,10 %	72,70 %	9,10 %	0 %	9,10 %	0 %	0 %	11

2. Mitä toimintoja teillä on omassa yrityksessänne?				
	Omassa talossa	Alihankinta	Ei ole	Vastausten lukumäärä
Myynti	100,0%	0,0%	0,0%	11
Tuotekehitys	90,9%	18,2%	9,1%	11
Valmistus	72,7%	45,5%	0,0%	11
Asennus	100,0%	9,1%	0,0%	11
Huolto	90,9%	0,0%	9,1%	11

3. Montako tuotetta teillä on valikoimassa?		
	Vastausten prosenttiosuus	Vastausten lukumäärä
1-9	18,20 %	2
10-99	72,70 %	8
100-999	0,00 %	0
1000+	9,10 %	1

4. Montako tuotekehitysprojektia teillä on vuosittain?								
	0	1-5	6-10	11-19	20-49	50-99	100+	Vastausten lukumäärä
Uusia tuotteita	0,00 %	90,00 %	10,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10
Vanhan parannus	0,00 %	45,50 %	27,30 %	18,20 %	9,10 %	0,00 %	0,00 %	11

5. Montako palaveria pidetään projektin aikana seuraavien ryhmien kanssa? (keskimäärin)

	0	1-4	5-9	10+	Vastausten lukumäärä
Tuotekehitys	9,10 %	54,50 %	18,20 %	18,20 %	11
Tuotanto	9,10 %	54,50 %	18,20 %	18,20 %	11
Myynti	9,10 %	63,60 %	18,20 %	9,10 %	11
Huolto	40,00 %	54,50 %	0,00 %	9,10 %	11
Asiakkaat	18,20 %	54,50 %	27,30 %	0,00 %	11
Alihankkijat	45,50 %	45,50 %	0,00 %	9,10 %	11

6. Kuinka tärkeänä näet seuraavien kriteerien ohjaavan suunnittelua

	Tärkeä	Vähäinen	Ei vaikuta	Vastausten lukumäärä
Massa	45,50 %	54,50 %	0,00 %	11
Valmistuskustannukset	81,80 %	18,20 %	0,00 %	11
Osamäärä	36,40 %	54,50 %	9,10 %	11
Äänitaso (käyttömelu)	36,40 %	27,30 %	36,40 %	11
Osien tyypit (osto/valmistus)	54,50 %	36,40 %	9,10 %	11
Materiaalityyppien määrä	45,50 %	54,50 %	0,00 %	11
Muotoilu / Ulkonäkö	45,50 %	45,50 %	9,10 %	11
Kierrätettävyys	18,20 %	45,50 %	36,40 %	11
Mekaaninen toiminta	72,70 %	27,30 %	0,00 %	11
Liikkeiden suoritusarvot	27,30 %	45,50 %	27,30 %	11
Tehontarve (sähkö yms.)	18,20 %	72,70 %	9,10 %	11
Lämpötasapaino	18,20 %	27,30 %	54,50 %	11
Lujuustekninen toiminta	54,50 %	45,50 %	0,00 %	11
Valmistettavuus	90,90 %	9,10 %	0,00 %	11
Kokoonpantavuus	72,70 %	18,20 %	9,10 %	11
Huollettavuus	63,60 %	27,30 %	9,10 %	11
Kuljetettavuus	45,50 %	45,50 %	9,10 %	11

7. Kuinka tärkeänä näet seuraavat kriteerit ASIAKKAAN NÄKÖKULMASTA

	Tärkeä	Vähäinen	Ei merkitystä
Tuotteen massa	36,40 %	54,50 %	9,10 %
Tuotteen hinta	90,90 %	9,10 %	0,00 %
Ulkonäkö (Muotoilu)	36,40 %	63,60 %	0,00 %
Käyttökustannukset	90,90 %	9,10 %	0,00 %
Huollettavuus	72,70 %	18,20 %	9,10 %
Kierrätettävyys	9,10 %	54,50 %	36,40 %

8. Kuinka tärkeänä näet seuraavat kriteerit MYYNNIN NÄKÖKULMASTA

	Tärkeä	Vähäinen	Ei merkitystä
Tuotteen massa	36,40 %	36,40 %	27,30 %
Tuotteen hinta	90,90 %	0,00 %	9,10 %
Ulkonäkö (Muotoilu)	63,60 %	36,40 %	0,00 %
Käyttökustannukset	81,80 %	18,20 %	0,00 %
Huollettavuus	45,50 %	45,50 %	9,10 %
Kierrätettävyys	0,00 %	72,70 %	27,30 %

9. Oletko kiinnostunut osallistumaan projektiin pilottikäyttäjänä?

	Vastausten prosenttiosuus	Vastausten lukumäärä
Kyllä	36,40 %	4
En	63,60 %	7

